

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACTORES QUE AFECTAN LA CUENCA DEL RÍO LA ESTRELLA Y
RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA GESTIÓN EN LA ZONA COSTERA.
LIMÓN, COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en
Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales, para optar el grado de
Magister Scientiae

CATALINA MORA CORDERO

Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”, San José, Costa Rica.

2005

Dedicatoria

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A toda mi familia.

A mi mamá.

A mis profesores y asesores, especialmente a M.Sc. Juan Bautista y M.Sc. Gerardo Umaña por toda la paciencia y tiempo brindado, a los profesores Dr. Jorge Cortés y M.Sc. Jenaro Acuña por sus recomendaciones y al Dr. Edgar Ortiz del Instituto Tecnológico de Costa Rica por su curso de SIG y recomendaciones.

A Alejandro por su apoyo incondicional.

A los que me acompañaron y ayudaron en las giras: Róger, Alejandro, JB, Carmen (mi mamá), R. Bonilla, Ite, Sergio, Subhash, Elías, Emanuel, Marcelita, Papa, José, Javier y Oscar.

A Sergish.

A los que trabajan en el Laboratorio del CIMAR: por las tardes de café y apoyo, especialmente a Eddy.

Al personal de FONAFIFO por su colaboración, especialmente a Alberto Méndez.

A todo el personal administrativo del CIMAR y la Escuela de Biología.

A los pobladores de la cuenca del río La Estrella y Cahuita por la ayuda y colaboración brindada incondicionalmente.

Al personal del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

Al personal del Centro Centroamericano de Población, especialmente a Róger Bonilla.

A Fran y Marce por su tiempo.

A l@s compas de GIACT.

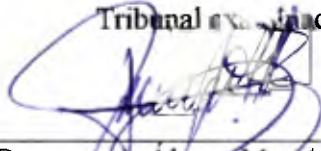
A la red Alfa –GIACT por el otorgamiento de una beca parcial.

A Edison Araya del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

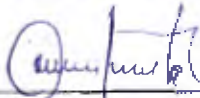
Y por último a Balú, que siempre me acompañó y fue el que más disfrutó de las giras.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT) de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae.


Tribunal examinador



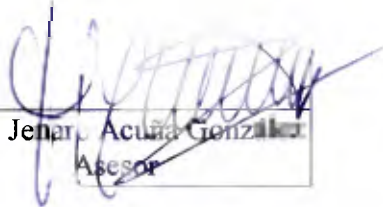
Dr. rer. nat. Alvaro Morales Ramírez
Representante del Decano del SEP



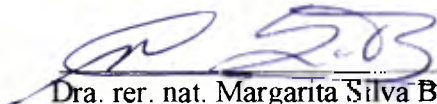
M.Sc. Juan Bautista Chavarría Chaves
Director de Tesis



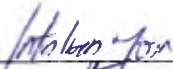
M.Sc. Gerardo Umaña Villalobos
Asesor



M.Sc. Jener Acuña González
Asesor



Dra. rer. nat. Margarita Silva Benavides
Representante del Director del Programa de Posgrado en
Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales



Catalina Mora Cordero
Candidata

	Página
ÍNDICE	
Índice general	v
Lista de figuras	viii
Lista de cuadros	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES	
2.1.1 Políticas económicas de Costa Rica	3
2.1.2 El Arrecife del Parque Nacional Cahuita	3
2.1.1 La Cuenca del río La Estrella	5
2.2 Importancia del bosque tropical	7
2.2.1 Importancia del bosque ripario	11
2.3 Análisis de la calidad de agua: conceptos básicos	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	15
3.2 COMPONENTE AMBIENTAL	
3.3 Selección de sitios de muestreo y número de muestras	16
3.2.2 Determinación de conductividad	17
3.2.3 Determinación de turbidez	17
3.2.4 Determinación de sólidos suspendidos	18
3.2.5 Determinación de materia inorgánica	18
3.2.6 Determinación de caudal	18
3.2.7 Determinación de la descarga de sedimento	19
3.2.8 Caracterización de los sitios de muestreo	19
3.2.9 Análisis de uso del suelo	21
3.2.10 Análisis estadístico	21

	Página	
3.3	COMPONENTE LEGAL	
3.3.1	Análisis de legislación	22
3.4	COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	
3.4.1	Análisis del crecimiento de la población y asentamientos humanos	22
3.4.2	Análisis de la percepción de las personas acerca de la situación de la contaminación y la deforestación en la cuenca.	22
4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	23
4.1	Caracterización de la cuenca del río La Estrella	31
4.2	Aspectos biofísicos de la cuenca del río La Estrella	33
5.	RESULTADOS	
5.1	COMPONENTE AMBIENTAL	
5.1.1	Comparación de parámetros físico-químicos determinados en el agua	39
5.1.2	Conductividad	40
5.1.3	Turbidez	42
5.1.4	Concentración de sólidos suspendidos	43
5.1.5	Materia inorgánica	44
5.1.6	Caudales	46
5.1.7	Descarga de sedimento por sitio de muestreo	46
5.1.8	Caracterización de los sitios de muestreo: resultados	49
5.1.9	Relación de factores potenciales de erosión y descarga de sedimento	50
5.1.10	Determinación de uso del suelo	52
5.2	COMPONENTE LEGAL	
5.2.1	Legislación vigente en Costa Rica referente al área de protección de los ríos	
a.	Ley Forestal N° 7575	54
b.	Ley de Aguas N° 276	55
5.2.2	Proyecto de ley del recurso hídrico N ° 14.585	57

	Página
5.2.3 Fondo Nacional de Financiamiento Forestal	59
5.2.4 Programa bandera azul ecológica	61
5.3 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	
5.3.1 Resultados de crecimiento de la población y asentamientos humanos	62
5.3.2 Resultados de la percepción de las comunidades del Valle de la Estrella acerca de la contaminación y deforestación	64
6 DISCUSIÓN	70
7 CONCLUSIONES	76
8 RECOMENDACIONES	79
9 BIBLIOGRAFÍA	80

ANEXOS

Anexo 1: Mapas Temáticos de la Cuenca del río La Estrella

Anexo 2: Caudales obtenidos en la tesis y caudales del ICE (periodo 2003-2004)

Anexo 3: Variables evaluadas en la cuenca del río La Estrella (porcentaje del área de drenaje)

Anexo 4: Formulario de encuestas

Anexo 5: Resultados de turbidez, conductividad, sólidos suspendidos y descarga de sedimento.

Anexo 6: Datos de precipitación del Instituto Meteorológico Nacional (periodo 2003-2004)

Anexo 7: Datos históricos de conductividad y sedimento en suspensión del ICE (periodo 1973-1992)

Lista de figuras

	Página
Figura 1 Desembocadura del río La Estrella. Sub-escena SPOT (1994)	4
Figura 2 Muestra de varios ríos de la costa Caribe de Costa Rica y Panamá.	5
Figura 3 Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río La Estrella.	15
Figura 4 Cauce del río La Estrella en Cariei en la Reserva Indígena Tainy	23
Figura 5 Cauce del río La Estrella en Bajo Cuen, en la Reserva Indígena Tainy	24
Figura 6 Cauce del tributario Cuen en la reserva indígena Tainy.	25
Figura 7 Cauce del río La Estrella antes de llegar a Vesta.	26
Figura 8 Cauce del tributario Suruy, poco antes de su desembocadura.	26
Figura 9 Cauce del tributario Hitoy Cerere ubicado en la reserva biológica del mismo nombre	27
Figura 10 Cauce del tribuario Duruy	28
Figura 11 Cauce del tributario Bitey	28
Figura 12 Cauce del río La Estrella en Pandora	29
Figura 13 Cauce del tributario Niñey	30
Figura 14 Cauce del río La Estrella en Bonifacio	30
Figura 15 Desembocadura del río La Estrella	31
Figura 16 Mapa orográfico de Costa Rica	32
Figura 17 Perfil longitudinal del río La Estrella	32
Figura 18 Precipitación promedio en dos estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río La Estrella	34
Figura 19 Promedio anual de sedimento en suspensión en el cauce del río La Estrella (ICE), periodo 1973-1992	35
Figura 20 Turbidez, sólidos suspendidos y conductividad del agua presentes en el cauce del río La Estrella	39
Figura 21 Turbidez, sólidos suspendidos y conductividad del agua en los tributarios.	40

	Página
Figura 22 Conductividad promedio en el río La Estrella (a) y conductividad promedio en cinco tributarios (b).	41
Figura 23 Turbidez en el río La Estrella	42
Figura 24 Turbidez por fecha de muestreo en los tributarios	43
Figura 25 Concentración de sólidos en suspensión en el río La Estrella	44
Figura 26 Concentración de sólidos en suspensión promedio en los tributarios	44
Figura 27 Porcentaje de materia inorgánica presente en las muestras del río La Estrella (a) y tributarios (b)	45
Figura 28 Descarga de sedimento promedio (g/s) en todos los sitios de muestreo	47
Figura 29 Descarga de sedimento (g/s) en el río la Estrella (a) marzo del 2004 y (b) en mayo del 2004	48
Figura 30 Descarga de sedimento promedio en los tributarios	48
Figura 31 Dendrograma de clasificación de sitios	50
Figura 32 Mapa de suelo sobre-utilizado en la cuenca del río La Estrella	53
Figura 33 Caso hipotético de un perfil longitudinal de terreno en cuanto al área de protección.	55
Figura 34 Fotos ilustrativas de la situación de las áreas de protección de los ríos	58
Figura 35 Mapa de áreas prioritarias para el pago de servicios ambientales	60
Figura 36 Mapa del aumento de la densidad poblacional	63
Figura 37 Mapa de la relación urbano –rural en la cuenca del río La Estrella	63
Figura 38 Profesión u oficio (a) y principales actividades económicas de la comunidad (b)	65
Figura 39 Contaminación en la comunidad.	65
Figura 40 Percepción sobre la contaminación de los ríos	66

	Página
Figura 41 Percepción sobre la contaminación en la zona costera (a) general y (b) solo estudiantes	66
Figura 42 Conocimiento del Parque Nacional Cahuita por parte de estudiantes	67
Figura 43 Conocimiento sobre los arrecifes de coral	67
Figura 44 Respuesta de los estudiantes sobre los arrecifes de coral.	68
Figura 45 Percepción acerca de la deforestación.	68
Figura 46 Conocimiento del Pago de Servicios Ambientales (PSA).	69

Lista de Cuadros

	Página
Cuadro 1 Funciones ecológicas del bosque ribereño	11
Cuadro 2 Ubicación de sitios de muestreo	16
Cuadro 3 Variables consideradas relevantes en cuanto al aporte de sedimento	20
Cuadro 4 La cuenca del río La Estrella en relación con otras cuencas de Costa Rica	33
Cuadro 5 Matriz de correlación de Pearson para el cauce principal, para tres parámetros físico-químicos del agua	39
Cuadro 6 Matriz de correlación de Pearson en los tributarios, para tres parámetros físico-químicos del agua	40
Cuadro 7 Matriz de correlación de Pearson para la materia inorgánica, caudal y descarga de sedimento.	45
Cuadro 8 Caudales obtenidos en la estación Pandora.	46
Cuadro 9 Características de cada sitio según seis variables consideradas relevantes en el aporte de sedimento	49
Cuadro 10 Correlaciones significativas entre descarga de sedimento y los factores potenciales de erosión (matriz de Pearson)	51
Cuadro 11 Correlación entre los factores potenciales de erosión (matriz de Pearson)	51
Cuadro 12 Disposiciones legales en cuanto a zonas de protección de los ríos	54
Cuadro 13 Legislación vigente en Costa Rica en cuanto áreas de protección de los ríos y penas por violaciones a la ley N ° 276	56
Cuadro 14 Disposiciones en el actual proyecto de Ley del Recurso Hídrico de Costa Rica en cuanto a las zonas de protección de los ríos y sanciones por incumplimiento	57
Cuadro 15 Crecimiento de la población periodo 1984-2000	62
Cuadro 16 Incremento de los hogares periodo 1973-2000	62

RESUMEN

Mora Cordero, Catalina

Factores que afectan la cuenca del río La Estrella y recomendaciones para mejorar la gestión en la zona costera. Limón, Costa Rica.

Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales. San José, C.R.:

C. Mora C., 2005.

87h.:61il. 116refs.

La gestión de áreas costeras requiere considerar, además de la zona propiamente costera, lo que acontece en las tierras medias y altas de las cuencas de los ríos que llegan a esas zonas. En este trabajo se proporcionaron recomendaciones para mejorar la gestión en la zona costera influenciada por el río La Estrella en el Caribe de Costa Rica.

Se determinaron factores potenciales de erosión en la cuenca del río La Estrella y se analizaron aspectos de calidad de agua mediante análisis de conductividad, turbidez, concentración de sólidos suspendidos y descarga de sedimento en seis sitios del río La Estrella y en seis de sus tributarios. Esos sitios se seleccionaron en un gradiente que representa diferentes condiciones naturales y de intervención humana. Estos factores de erosión se seleccionaron mediante la elaboración de mapas temáticos de la cuenca, como fueron altitud, longitud del río, porcentajes de precipitación, pendientes, tipos de suelo, cobertura boscosa, área protegida, composición geológica y se relacionaron luego con la descarga de sedimento, mediante análisis de varianza y análisis de regresión. Se realizaron encuestas para conocer la percepción de las personas acerca de la contaminación y la deforestación. Se analizó en general para la cuenca la capacidad de uso del suelo y uso actual, el aumento de asentamientos humanos. Además se analizó la legislación vigente en Costa Rica en lo referente al área de protección de los ríos y se estudió la posibilidad de incentivar el Pago de Servicios Ambientales (PSA) o el Programa Bandera Azul Ecológica.

La conductividad en el cauce principal aumentó progresivamente desde las tierras más altas (la zona de Vesta) hasta las tierras más bajas (desembocadura) lo cual es la expectativa normal debido a la erosión y escorrentía superficial y al incremento de la actividad agrícola y

descarga de aguas servidas.

En el cauce principal, la región de Vesta (mayor altitud, mayor porcentaje de bosque y mayor porcentaje de área protegida) presentó las menores descargas de sedimento. Mientras que Bonifacio y Pandora (tierras bajas, mayor intensidad uso del suelo), presentaron las mayores descargas. En los tributarios Hitoy Cerere y Bitey tienen las menores descargas mientras que el Suruy presenta las mayores. En general en los tributarios el río Hitoy Cerere (reserva biológica) y Bitey tuvieron los menores valores de todos los parámetros medidos, mientras que Suruy presentó los mayores valores, seguido por Duruy y Niñey.

Globalmente, se encontraron asociaciones de mayor cantidad de sedimento con mayor longitud del río y mayor precipitación y menor cantidad de sedimentos con mayor altitud, la cual a su vez esta moderadamente relacionada con mayor porcentaje de bosque y mayor porcentaje de área protegida.

Se halló que el 11% de los suelos de la cuenca se encuentran sobre-utilizados. Existe suelo sin cobertura boscosa en lugar de área protegida o de manejo de bosque y regeneración natural. Se determinó que existe un aumento de la población hacia la zona costera y hacia la parte media y alta de la cuenca, lo que genera mayor presión por los recursos allí existentes.

En cuanto al cumplimiento de normas legales para protección ambiental, se determinó por ejemplo la ausencia de bosque ribereño generalizado en la cuenca y el incumplimiento tanto de la ley forestal como de la ley de aguas en cuanto al área de protección de los ríos. La percepción de los vecinos, es que existe deforestación debido a tala ilegal y que hay contaminación por desechos sólidos, plaguicidas y por aguas servidas y jabonosas. Se percibió el desconocimiento del ecosistema coralino en general, un 54% de los entrevistados (de un total de 43) dijo no conocer el Parque Nacional Cahuita o el arrecife, a pesar de que solamente los separan aproximadamente 22 km. No existe acueducto de agua potable por parte de AyA, sin embargo, las escuelas han iniciado trámites con esa institución para el acueducto de la comunidad, mediante el programa bandera azul ecológica.

Se recomendó que el MINAE en conjunto con el Área de Conservación Amistad Caribe corroboren las zonas de suelo sobre-utilizado y tomen medidas para que el uso del suelo sea el adecuado, dando prioridad a la sub-cuenca del río Suruy . Se debe vigilar para que no se cambie el uso del suelo en las áreas de clase VIII. Se sugirió que FONAFIFO dé prioridad a la reforestación y protección de bosques en las zonas ribereñas y que incentive el Certificado de Servicios Ambientales (CSA) en la compañía bananera. El Ministerio de Educación en conjunto con el Colegio Técnico Profesional del Valle de la Estrella, las escuelas, el comité de co-manejo del Parque Nacional Cahuita y con la colaboración del CIMAR, deben incluir programas de educación ambiental desde una perspectiva integral, donde se incluya el ecosistema terrestre y acuático como una unidad total. Se instó a que la empresa bananera Standar Fruit Company y propietarios de fincas en general se comprometan a regenerar las zonas de protección de los ríos que se encuentran dentro de sus propiedades, según la ley de aguas vigente actualmente.

Gestión costera, factores de erosión, cuencas, calidad de agua, río La Estrella.

M.Sc. Juan B. Chavarría Chaves
Director de tesis

Sistema de Estudios de Posgrado

1. INTRODUCCIÓN

La gestión costera debe implicar una administración integrada de los recursos naturales, humanos y económicos; todo lo anterior amparado a una legislación que procure un mejor desarrollo en la calidad de vida para todos. Esto conduce a un compromiso de acción de las instituciones públicas y privadas que participan en la gestión con la sociedad civil. El complejo esquema de la gestión costera sugiere observar el área de estudio desde distintos puntos de vista, pues la zona costera es, en última instancia, la que recibe el efecto directo de las actividades que se realizan cerca de ella, así como en tierra adentro.

La zona costera es la parte de la tierra que se encuentra en relación directa con el mar y aquella parte del océano afectada por su proximidad a la tierra (Barragán 1997). Esta interacción entre el mar, la tierra, la atmósfera y los organismos, incide profundamente en las condiciones del ambiente y su biología, a las que se agrega el efecto positivo o negativo del ser humano. Es ineludible la conexión existente, sobre todo a nivel hídrico, entre los ecosistemas más altos y lejanos de las cuencas, con las partes bajas y la zona costera (Mata & Blanco 1994). En este sentido, la unidad territorial que facilita el estudio de la interacción tierra, mar y aire es la cuenca hidrográfica, que tiene la ventaja de resumir el efecto de las actividades en tierra en el curso de un río. Los ríos, principales componentes de la cuenca, transportan todo lo que el sistema les aporte. Lo que se genere en las partes altas, medias y bajas de las cuencas tiene una influencia in situ y en zonas más bajas como la zona costera. Naiman & Bilby (1998) desarrollan el concepto de río continuo: los ríos, desde las nacientes hasta la boca presentan un gradiente continuo de condiciones físicas, donde se desarrollan las comunidades bióticas con sus procesos asociados. La cuenca hidrográfica, un sistema con entradas y salidas, debe ser gestionada de manera tal que influya positivamente sobre la zona costera.

Según el Programa de acción mundial de protección del medio marino frente a las amenazas terrestres PNUMA (2003), el 80% de la contaminación marina se deriva de fuentes terrestres. Por nombrar solo una, se puede mencionar el aumento de la sedimentación. La sedimentación y el enlodamiento naturales son importantes en el desarrollo y en la conservación de numerosos hábitats costeros. La reducción de la tasa natural de sedimentación puede poner en peligro la integridad de esos hábitats, pero también lo hace la

excesiva carga de sedimento (Naiman & Bilby 1998), que afecta hábitats sensibles como arrecifes de coral, manglares, lechos de algas marinas y sustratos rocosos. Los sólidos suspendidos arrastrados por las aguas de escorrentía, tienen como efecto principal el incremento de la turbidez, lo que dificulta los procesos fotosintéticos, tanto del fitoplancton, las zooxantelas y las algas e incluso pueden provocar la muerte de los arrecifes de coral (Tomascik 1992). La turbidez corta la entrada de luz necesaria para el crecimiento y sobrevivencia de los corales, (Cortes & Risk, 1984), el problema de pérdida de los arrecifes de coral radica en que estos se cuentan entre los ecosistemas de mayor tasa de fijación de carbono y fijación de nitrógeno y mantiene un alto número de especies animales y vegetales (Goreau & Goreau 1979). Los sólidos suspendidos no solo afectan el arrecife de coral ya que su alta concentración en ríos también altera áreas de desove, transportan nutrimentos, agroquímicos y metales pesados, además, obstruyen las agallas y branquias de los peces (Naiman & Bilby 1998). La fuente de los sedimentos se encuentra en los procesos de erosión, según Mora (1987), casi toda la zona rural en Costa Rica tiene erosión acelerada debido al cambio en el uso de las tierras.

Objetivo general

- Proporcionar recomendaciones con el fin de mejorar la gestión de la zona costera influenciada por el río La Estrella en el Caribe de Costa Rica.

Objetivos específicos

- Determinar los factores potenciales de erosión en la cuenca del río La Estrella.
- Determinar la cantidad de material en suspensión, turbidez, conductividad y descarga de sedimentos en varios sitios del río la Estrella y seis de sus tributarios.
- Conocer la percepción que tienen las personas acerca de la contaminación y la deforestación en la cuenca del río La Estrella.
- Analizar para la cuenca del río La Estrella:
 - La capacidad de uso del suelo y el uso actual.
 - La legislación vigente en Costa Rica referente al área de protección de los ríos.
 - El aumento de la población y asentamientos humanos.
 - La posible aplicación del pago de servicios ambientales (PSA) o el programa Bandera Azul Ecológica en las comunidades de la cuenca del río La Estrella.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Políticas económicas en Costa Rica

Desde antes de 1900 y hasta 1968 se permitía la tala de bosques en Costa Rica, pues la posesión de los terrenos se demostraba cortando bosque y haciendo potreros y cultivos (MINAE *et al.* 2002), esto trajo la colonización de tierras y la expansión de la frontera agrícola, creando así la desaparición de grandes masas boscosas. A partir del año 1996 y con la Ley Forestal # 7575 que está en vigencia, se prohibió el cambio de uso del suelo en áreas boscosas y se implantó el uso de planes de manejo en bosques. Todas estas políticas anteriores a 1968 llevaron a que la cobertura forestal pasara del 99% al 21% en todo el territorio nacional (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal 2004). Si bien FONAFIFO (2004), reportó que la cobertura forestal se ha recuperado, y ha pasado de un 21% en 1987 a un 47% en el año 2000, no se especifica si esa recuperación de la cobertura es por el incremento de plantaciones comerciales o por la recuperación del bosque natural. Según un informe presentado por MINAE & FUNDECOR (2005), el proceso actual de producción de madera no es sostenible, puesto que la mayor parte de la madera autorizada proviene de áreas de potreros y, por lo tanto no se repone lo cortado. Estas dos instituciones públicas consideran que se está dando un cambio de uso que no obedece a la expansión de la frontera agrícola sino que responde al acceso del recurso mismo, es decir, como es más sencillo obtener un permiso de corta en sistemas agroforestales, pues solo requiere un inventario y no un plan de manejo, se está talando de manera ilegal los bosques para convertirlos en sistemas agroforestales que no van de acuerdo con la capacidad de uso del terreno y de este modo agilizar los permisos de corta de los árboles remanentes.

2.1.2 El arrecife del Parque Nacional Cahuita

El problema de deterioro (baja en tasas de crecimiento, aumento de mortalidad), que ha venido afectando al arrecife del Parque Nacional Cahuita, ha sido documentado desde 1981 (Cortés 1981). Este arrecife se cataloga como el mejor desarrollado de la costa caribe Costa Rica. El río La Estrella se perfila, desde hace mucho tiempo, como el medio por el cual los

sedimentos llegan al mar y luego al arrecife, debido a la deforestación de su cuenca. La composición geoquímica de los sedimentos alóctonos en el arrecife es igual a la de los sedimentos del río La Estrella (Cortés & Risk 1984), debido a la concentración de sólidos suspendidos transportados por el río y a la principal corriente marina costera que es hacia el sur. Si bien es cierto no se ha realizado un estudio sobre la dinámica y las corrientes marinas en la propia desembocadura del río La Estrella, sí se han documentado algunos escritos sobre las corrientes de la costa caribeña. Por ejemplo Amador *et al.* (1994), con ayuda de imágenes de satélite, determinaron una dirección de corriente norte y noroeste, mostrada por el transporte de sedimentos (Fig. 1.).

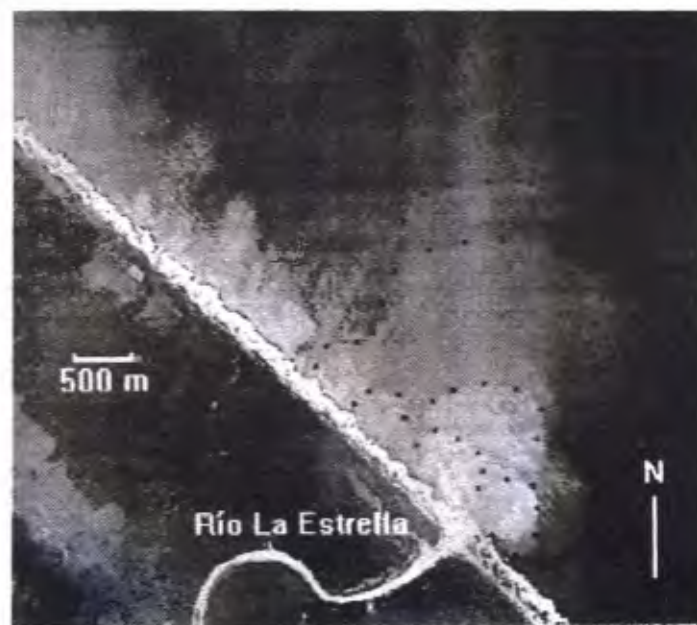


Fig.1. Desembocadura del río La Estrella. Subescena SPOT. Fuente: Amador *et al.* (1994).

Otro trabajo en donde se involucran las corrientes es en el estudio de impacto ambiental para el Emisario Submarino de Limón (PROIGE & AyA 1999), ubicado a 45 km al noreste del arrecife. En este estudio se considera que entre las causas naturales para el transporte y dispersión de contaminantes se encuentra la corriente en dirección noroeste – sureste. Con vientos excepcionales la estela se puede desplazar hacia el oeste y por el contrario con vientos en calma la estela se proyecta en dirección sur-sureste, es decir, en dirección al arrecife del Parque Nacional Cahuita, situación que se considera la más frecuente la mayor parte del año (PROIGE & AyA 1999).

En la Fig. 2 se destacan varios ríos de la costa Caribe de Costa Rica y Panamá y se observa cómo las estelas de sedimento son dispersadas en dirección sureste, llegando al arrecife del Parque Nacional Cahuita y teniendo un efecto negativo sobre él. Los mayores flujos de sedimento se observan en los ríos Changuinola de Panamá y Sixaola de Costa Rica. Los ríos La Estrella, Banano y Matina muestran también trazos de sedimentos en colores claros (Kohlmann *et al.* 2002).

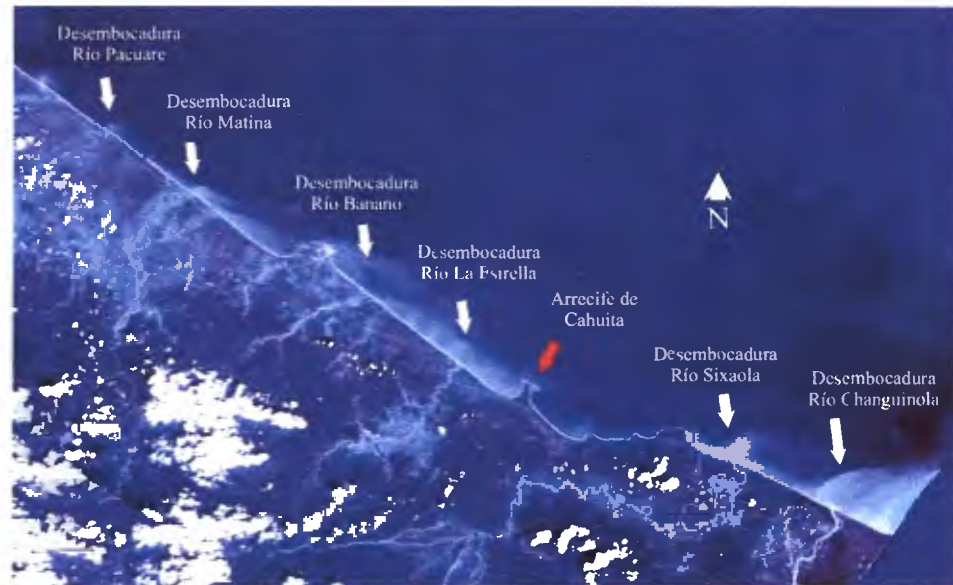


Fig. 2. Muestra de varios ríos de la costa Caribe de Costa Rica y Panamá. Fuente: Kohlmann *et al.* 2002. Costa Rica desde el espacio.

2.1.3 La cuenca del río La Estrella

La zona caribe de Costa Rica y el Valle de La Estrella son conocidas por su aporte en la economía nacional mediante el asentamiento de grandes bananeras transnacionales que, a pesar de ser generadoras de empleo, impiden una dedicación del habitante a sus propias parcelas (Fallas 2003). Desde 1910, la compañía bananera United Fruit Company comenzó a sembrar banano en el Valle de la Estrella (Palmer 1994).

Feoli (1987), reportó la deforestación en varias partes de la cuenca, por ejemplo en San Rafael, donde las políticas habían favorecido el desarrollo de la ganadería, como medio de subsistencia. Según percepciones de la población la deforestación ha sido asociada al

aumento en la intensidad y frecuencia de las inundaciones; Mr. George Hansel citado por Palmer (1994) recuerda: “cuando era niño llovía hasta 15 días seguidos pero jamás había derrumbes. Jamás veía las quebradas arrastrando grandes troncos de árboles caídos y ahora después de tres horas de lluvia se asusta uno de ver los desastres que suceden. Hay personas de otra formación que entra a las lomas más altas y allí hacen los potreros, eso es malo porque hay muchas quebradas en esa tierra y esa gente recién llegada sigue talando los bosques a la orilla de las quebradas”. Esta percepción se ve confirmada por Guariguata & Katan (2000), donde se indica que uno de los efectos inmediatos de la deforestación es un aumento en la salida de agua a través del suelo, ya que cerca de un 15% de la precipitación total que cae sobre los bosques lluviosos y húmedos se evapora directamente de la copa de los árboles y cerca de un 40% regresa a la atmósfera en el proceso de transpiración. Sin la cobertura boscosa estos procesos desaparecen o se ven disminuidos y la percolación y escorrentía superficial aumentan con la pérdida de la vegetación (Guariguata & Katan 2000). El problema de las inundaciones es un aspecto a tomar en cuenta en la zona (ver mapa de inundaciones, Anexo 1). Para el año 2002 el Valle de la Estrella fue afectado por las inundaciones ocurridas en varias fincas bananeras, quedando más de 1600 personas incomunicadas, con los problemas de salud posteriores relacionados a estos hechos (Ministerio de Salud 2002). Informes de la Corporación Bananera (CORBANA 2002) indicaron que las fuertes lluvias e inundaciones dañaron más de 2000 hectáreas cultivadas de banano. De acuerdo con estimaciones preliminares esto se tradujo en alrededor de \$16 millones menos en divisas. El gerente de CORBANA resaltó que los daños fueron mayores, pues el agua no solo afectó las plantas de banano que están expuestas por más de 24 horas sino que también afectó la maquinaria y vías de comunicación. Para enero del 2005 las plantaciones bananeras en el Caribe y las comunidades cercanas, fueron nuevamente perjudicadas por fuertes inundaciones y según CORBANA (2005) las pérdidas reportadas ascenderían a 31.5 millones de dólares.

Como dice el Sr. Unis Dennis quien vive en la comunidad de La Guaria, en el Valle de la Estrella (comunicación personal 2004), “hace 40 años el cauce del río La Estrella era muy profundo, ahora se rellenó y por eso se sale cada vez que llueve”. Esta afirmación hace referencia a lo indicado por Kiely (1999), ya que en pendientes suaves se pueden depositar grandes cantidades de sedimento donde las descargas llenan el cauce del río.

2.2 Importancia del bosque tropical.

Se ha escuchado acerca de la regulación del ciclo hidrológico por parte del bosque natural, de la biodiversidad que encierra, de la fijación de carbono; en esta sección se detallan los servicios ambientales brindados por el bosque. Estos servicios tienen un valor tanto para las generaciones actuales como para las futuras.

Desde el punto de vista de la legislación de Costa Rica, el inciso K del artículo 3 de la Ley Forestal N° 7575 define los servicios ambientales de la siguiente forma:

"Los que brindan los bosques y plantaciones forestales en la protección y mejoramiento del medio ambiente: fijación de carbono, protección de agua, protección de biodiversidad, protección de ecosistemas, belleza escénica". Sin embargo, en esta sección además se incluyen la protección de los suelos y el reciclaje de nutrientes que no están estipulados en la definición anterior.

a. Protección de suelos

La cobertura boscosa contribuye a la protección de los suelos ya que reduce el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Como indican Guariguata & Katan (2002), aunque las gotas que llegan desde el follaje son más grandes, su velocidad de caída es menor, disminuyendo el proceso de erosión del suelo. Además, la cobertura de hojarasca que existe en el sotobosque disminuye la escorrentía superficial y las raíces de la vegetación, al penetrar a diferentes profundidades, contribuyen a mejorar la infiltración de agua en el suelo, favoreciendo la aireación y disminuyendo la escorrentía superficial. El agua infiltrada en el suelo en un periodo de tiempo de 60 minutos es de 715 centímetros cúbicos en un bosque natural, mientras que en un terreno con pasto el agua infiltrada es de 250 centímetros cúbicos en ese mismo periodo de tiempo (Heuveloop *et al.* 1986). Para Bruijnzeel (2004), una buena cobertura vegetal es capaz de prevenir la erosión superficial y deslizamientos menores a 3 metros de profundidad. También indica que una revisión de más de 60 estudios relacionados con el aporte de sedimentos de cuencas, dejó en claro los efectos negativos, principalmente los causados por la urbanización, la minería y la construcción de vías de comunicación. Guariguata & Katan (2002) sugieren que aproximadamente el 42% del agua de precipitación

que cae sobre el follaje se pierde por evapo-transpiración, es decir, se pierde al ser interceptada por el follaje y luego evaporada y por la transpiración de las hojas; al eliminar la cobertura boscosa se disminuye este proceso y el agua de lluvia pasa de manera directa al suelo, aumentando la escorrentía superficial, la saturación de los suelos y la erosión.

b. Protección de aguas

La calidad y cantidad de agua es importante para la sobrevivencia del ser humano y demás especies en el entorno. La conservación de los bosques tiene un alto impacto sobre la regularidad del ciclo hidrológico y la reducción de sedimentos en ríos y embalses; además, regula la cantidad y calidad del agua (Carranza *et al.* 1996). La regulación del ciclo hidrológico por parte del bosque natural se vuelve un factor preponderante en cuanto al abastecimiento de agua para consumo humano de las presentes y futuras generaciones. Heuvelop *et al.* (1986) sustentan la idea anterior al decir que la cubierta vegetal de un suelo tiene gran importancia sobre la economía hídrica y la protección del suelo, sobre todo en climas de alta precipitación, ya que la materia orgánica presente en suelos con cobertura boscosa poseen mayor capacidad de absorción y retención de agua, lo que contribuye a la protección del agua subterránea. Bruijnzeel (2004) señala que por año el aporte total de agua de una cuenca se incrementa de acuerdo con el porcentaje de bosque removido, aunque difiere entre sitios debido a la precipitación y grado de alteración de la superficie. La idea anterior es reforzada por Guariguata & Katan (2002) quienes apuntan que existe un aumento en el caudal de los ríos al deforestar debido a que se pierde el proceso de evapo-transpiración por parte del follaje y troncos, pasando el agua directamente al suelo alimentando la escorrentía. De acuerdo con el MINAE *et al.* (2002), este es uno de los principales servicios ambientales que prestan los bosques, ya que protegen y mejoran la calidad del agua, uno de los bienes más preciados de la sociedad, ya que en el caso de Costa Rica, el recurso hídrico es de gran importancia en la generación de energía eléctrica y para garantizar el flujo normal de agua para uso doméstico, industrial y productivo.

c. Fijación de Carbono

El dosel del bosque tropical capta la mayor parte de la radiación solar incidente; la cual es necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis y por ende de la fijación de carbono por parte de las plantas del bosque. A nivel global los bosques almacenan entre 20 y 100 veces más carbono por hectárea que los campos agrícolas (Guariguata & Katan 2000). El servicio ambiental que brinda la vegetación del bosque, de restar carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis y convertirlo en oxígeno, reduce el efecto invernadero (Carranza *et al.* 1996), mientras más húmeda sea la zona de vida en donde está ubicado el bosque, mayor porcentaje de carbono evacuado. El MINAE *et al.* (2002) reportan que Costa Rica tiene aproximadamente 2.5 millones de hectáreas las cuales pueden fijar 91 millones de toneladas de carbono por año. Así mismo, en zonas más húmedas la propensión a las quemas disminuye, lo cual es importante, pues las quemas hacen que el carbono contenido en las plantas vivas sea devuelto a la atmósfera. La fijación, absorción, mitigación, reducción y almacenamiento de gases de efecto invernadero, en especial del dióxido de carbono acumulado en la atmósfera, es un servicio que favorece a los seres humanos a escala nacional, regional e internacional. Los países industrializados son los que más se benefician de este servicio, al compensar la concentración de carbono en la atmósfera, producto de sus emisiones de gases de efecto invernadero (Carranza *et al.* 1996). Con la ratificación del protocolo de Kioto se intenta que estos países (al menos los que han firmado) disminuyan la excesiva contaminación generada por sus industrias que afectan de manera global el entorno, así como reconocer la importancia del bosque natural en este proceso.

d. Reciclaje de nutrimentos

La biomasa vegetal representa la principal reserva de nutrimentos de un sitio, la dinámica de los nutrimentos puede explicarse mediante los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica generada por un bosque, este reciclaje de nutrimentos son los que le dan sostenibilidad al ecosistema y a la vez son los que permiten la productividad primaria (Guariguata & Katan 2000). Los productores primarios, como son las plantas, permiten el desarrollo de otras especies que se alimentan de ellas, es decir, que las plantas al producir su propio alimento a partir de los nutrimentos y procesos fotosintéticos generan una fuente de

alimento a partir de sustancias orgánicas ya formadas, de donde los consumidores y descomponedores se alimentan, lo que permite el desarrollo de comunidades ecológicas. Además como la disponibilidad de nutrimentos tiene efectos directos sobre la fotosíntesis, tiene también un efecto positivo sobre la absorción de carbono.

e. Protección de biodiversidad

Guariguata & Katan 2000 mencionan que la diversidad de los bosques tropicales es excepcional y que ésta depende de los vínculos que se establezcan con otros grupos taxonómicos: los dispersores de semillas, los polinizadores y los herbívoros forman parte integral de la dinámica del bosque. Costa Rica es reconocida a nivel mundial por su riqueza en biodiversidad, ya que cuenta con no menos del 5% de las especies conocidas representadas en sus distintos ecosistemas (MIDEPLAN 2004). La biodiversidad trae beneficios a la comunidad local e internacional y, básicamente, se ha analizado desde el punto de vista de los beneficios científicos para compañías farmacéuticas, tales como materias primas, así como por ser fuente de conocimientos e información genética, (Carranza *et al.* 1996). Su uso en la agricultura, biotecnología, educación e investigación, así como los conocimientos tradicionales, tanto de comunidades locales e indígenas, son otros de los aportes del bosque en cuanto a la biodiversidad. La biodiversidad contribuye con el equilibrio ecológico al no alterarse las cadenas tróficas y las relaciones simbióticas entre las especies. La disminución del bosque natural o de corredores biológicos afecta la disponibilidad de alimento y sitios de anidación y altera patrones de inmigración o emigración de las especies de animales; además la fragmentación de los bosques provoca una pérdida en la diversidad, ya que algunas especies se ven desplazadas por otras que son más dominantes (Guariguata & Katan 2000).

f. Protección de ecosistemas

La protección de ecosistemas por parte del ser humano, significa la conservación de lazos físicos y biológicos entre las especies y su hábitat natural. Está intrínsecamente relacionada con la protección y existencia de la biodiversidad y su distribución (Carranza *et al.* 1996), lo cual permite garantizar la conservación de material genético con fines de preservación de

especies y aprovechamiento futuro (MINAE *et al.* 2002). La belleza escénica de los ecosistemas boscosos, cobra importancia si se piensa en la actividad turística, que aumenta día a día y que a partir de 1987 tomó auge y es actualmente considerada como una de las principales actividades en la economía de Costa Rica, además del placer individual y colectivo que brinda el admirar el atractivo de los ecosistemas naturales; ríos, lagos, flora y fauna.

2.2.1 Importancia del bosque ripario

El bosque ripario, es decir, la cobertura boscosa que se encuentra a la orilla de ríos y quebradas, es muy importante pues provee una serie de funciones ecológicas dentro del ecosistema, que afectan el ambiente del río en su totalidad. En las zonas ribereñas el bosque ripario controla la temperatura del agua, da alimento a los organismos que allí viven, mantienen estables esas zonas evitando deslizamientos y pérdida del terreno. Estas zonas filtran sedimentos y contaminantes (fertilizantes, plaguicidas) antes de que estos lleguen al río o a las aguas subterráneas (Naiman & Bilby 1996), vitales para el consumo humano; de allí la importancia de mantener estas zonas intactas. En el cuadro 1 se resumen las funciones ecológicas del bosque ripario. Se explica cómo cada parte del bosque ripario cumple con una función específica dentro del ecosistema, ya sean los árboles, los escombros, las raíces evitando deslizamientos del terreno o como corredor biológico tanto para especies terrestres como acuáticas.

Cuadro 1

Funciones ecológicas del bosque ripario. Fuente: Naiman & Bilby, 1998.

LUGAR	ESTRUCTURA	FUNCION
Canal	Escombros leñosos	Controla el desplazamiento del agua y de los sedimentos.
	y de las planicies de inundación.	Controla la dinámica del hábitat acuático
		Provee hábitat para los animales
		Contribuye a la formación de islas de bosque.
Orilla del río	Raíces	Incrementa la estabilidad, evitando deslizamientos de las orillas.

Cuadro 1 (continuación)

Planicie de inundación	Troncos tumbados	Retarda el movimiento de los sedimentos, del agua y de los escombros leñosos.
Sobre el cauce	Dosel y troncos	Al dar sombra controla la temperatura del agua y tierra. Provee hábitat para los animales. Controla la productividad primaria del río. Fuente de detritus proveniente de las plantas.
Bosque ripario	Corredor	Facilita el movimiento de peces y de los animales terrestres. Distribución de nutrimentos. Disponibilidad de comida, hábitat para los animales. Aumento de relaciones simbióticas.

2.3. Análisis de Calidad del Agua: conceptos básicos

El recurso hídrico se ve afectado de manera indirecta por el uso del suelo para construcción, agricultura, ganadería, acumulación de residuos (desechos sólidos). Estos factores influyen en la calidad del medio acuático, que inciden a su vez en las condiciones físico químicas y en el estado de la flora y fauna. De manera directa el recurso hídrico se ve afectado por el consumo, represas hidroeléctricas y descargas de aguas servidas. Tanto en el proceso de consumo del agua como para el estado de la flora y fauna interesa una serie de requisitos relativos a la calidad del agua, casi siempre relacionados con parámetros físico químicos y microbiológicos (Kiely 1999). A continuación se detallan los parámetros físico-químicos que fueron seleccionados para realizar este trabajo:

a. Sólidos suspendidos

El transporte de sólidos suspendidos por las corrientes de los ríos se efectúa en forma muy diversa, dependiendo de las condiciones de las corrientes (Basso 1969). Los sólidos suspendidos están conformados por materia orgánica, detritus, material aluvial (arcilla, limos) y materia inorgánica en forma iónica, que es lo que se conoce como sólidos disueltos (Lind 1979). Su ingreso a los cuerpos de agua surge de la erosión del terreno por prácticas

agrícolas y del acarreo de material durante la escorrentía del agua de lluvia (Pérez 2004). Existe una relación muy estrecha entre la concentración de sólidos suspendidos y la calidad del agua, debido a que en ellos se adhieren contaminantes como plaguicidas y nutrientes (Murphy 2002).

Roldán (1992) resume la información sobre la tolerancia de los peces a la cantidad de sólidos suspendidos y reporta que la mayoría de los peces toleran concentraciones no mayores a los 80 mg/l. El agua superficial que drena áreas con poca alteración del bosque natural, tiene concentraciones bajas de sólidos suspendidos: 10-20 mg/l y aumenta en aguas que provienen de lugares erosionados. Los sólidos en suspensión influyen en la calidad del agua y limitan su uso. Por ejemplo, en los ríos se presenta un deterioro importante para el consumo humano y la vida acuática y como medio de transporte por la deposición y relleno de sus cauces. En el mar se produce un deterioro en la vida acuática y por ende una disminución de la pesquería, que afecta directamente al ser humano. También en ambos casos se limita el uso recreativo por parte de los seres humanos (Kiely 1999).

b. Turbidez

La turbidez en el agua la provoca la presencia de sólidos suspendidos, tales como arcilla en suspensión, limos, materia orgánica, plancton y otras materias orgánicas e inorgánicas particulada, que reducen la transmisión de la luz a través de un cuerpo de agua (Lind 1979). Representa una medición no específica de la concentración de sólidos en suspensión (Sawyer *et al.* 2001). El agua se hace menos transparente y la penetración de la luz se reduce lo que provoca una disminución en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema pues la actividad fotosintética es menor (Murphy 2002). La turbidez de las aguas de los ríos tropicales, puede alcanzar valores de 300 JTU (Unidades Jackson de Turbidez) en las partes bajas y en los valles, debido a la acumulación de materia orgánica e inorgánica a lo largo de su trayecto. Cuanto mayor sea el valor de JTU mayor es la turbidez de las aguas (Roldán 1992). Para mantener la calidad de agua fresca de los ríos la turbidez recomendada debe encontrarse en 55 JTU como máximo (Naiman & Bilby 1998) y para el consumo de agua potable, según la Organización Mundial de la Salud (OMS 1998), esta no debe sobrepasar los

11 JTU. Como se mencionó en la introducción, la turbidez afecta los procesos fotosintéticos del fitoplancton, zooxantelas y algas.

c. Conductividad

La conductividad es una medida de la transmisión de una corriente eléctrica por parte del agua, resultando en un indicador del contenido de minerales (Lind 1979). Esta medición se realiza para tener una idea de los sólidos disueltos (SD) en el agua, que pueden ser principalmente iones como cloruro, sulfato, carbonato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio (Skoog *et al.* 2001). La presencia de sólidos disueltos en el agua puede deberse a factores naturales, así por ejemplo las aguas que transcurren por áreas de rocas sedimentarias tienen niveles más altos de sólidos disueltos, pues los principales iones ahí presentes son de cloruro y calcio. Por el contrario aguas que transcurren en contacto con granito o arena silícea, tienen niveles de sólidos disueltos más bajos (OMS 1987). Estos valores naturales se ven afectados y aumentados por la descarga de efluentes de aguas servidas, escurrimientos urbanos o desechos industriales (Roldán 1992). Se consideran valores de conductividad apropiados para la irrigación cuando no sobrepasa los 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para el desarrollo de la piscicultura cuando los valores se encuentran entre 150 y 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pérez 2004). Un incremento en los sólidos disueltos, especialmente los cloruros, aumenta la salinidad causando en algunos organismos acuáticos problemas de osmorregulación. En los procesos metabólicos se pierden sales que deben ser remplazadas; por eso, la concentración de sales es importante en el equilibrio osmótico: si el medio es muy salino aumenta la salida de agua del cuerpo del animal, eliminando a los menos tolerantes (Roldán 1992). Conductividades de más de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indica concentraciones de sólidos disueltos muy altas para los peces de agua de río.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio fue la cuenca del río La Estrella, ubicada en la región Caribe de Costa Rica, provincia de Limón, cantón de Limón y una pequeña parte al cantón de Talamanca (Anexo 1, mapa de división territorial administrativa), distrito Valle de La Estrella. Entre las coordenadas $82^{\circ} 40'$ y $83^{\circ} 20'$ de longitud oeste y $09^{\circ} 40'$ y $10^{\circ} 05'$ de latitud norte. El área de la cuenca es de $745,1 \text{ km}^2$ con una elevación que va desde los 0 msnm a los 2500 msnm, la longitud del río La Estrella es de 61,4 km (con una elevación máxima de 1760 msnm).

En la Fig. 3. se encuentran señalados los 12 sitios de muestreo en la cuenca del río La Estrella y en el cuadro 2 se detalla cada sitio de muestreo con sus respectivas coordenadas.

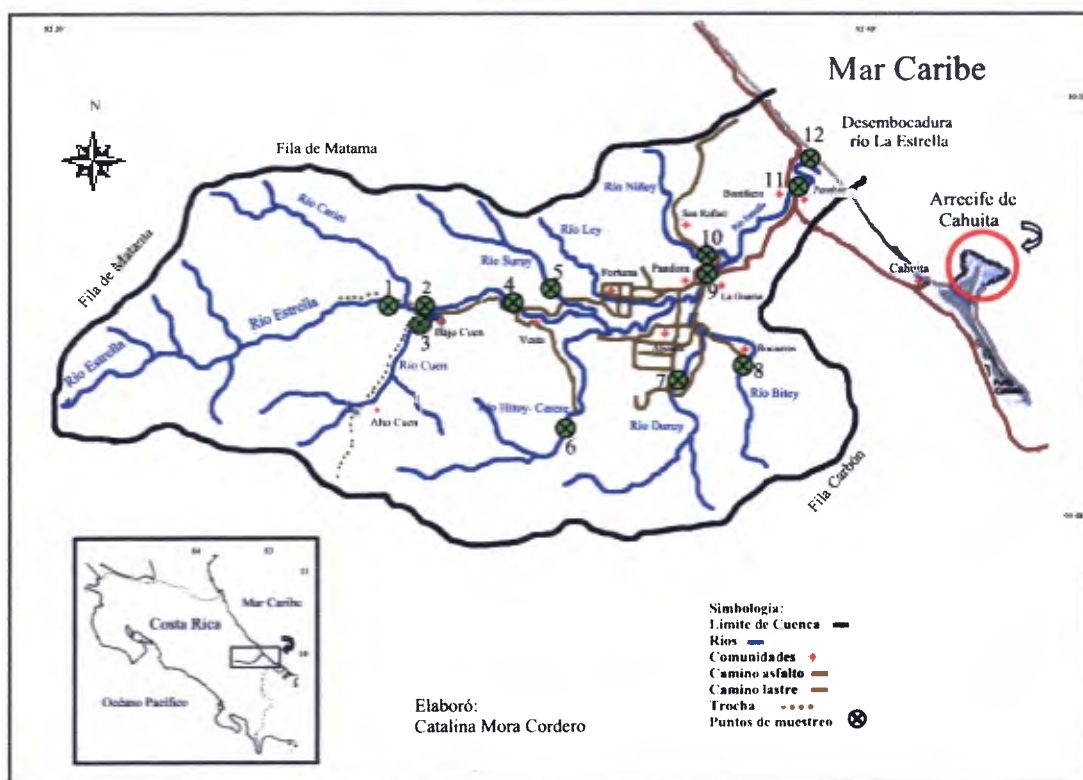


Fig. 3. Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río La Estrella.

Cuadro 2

Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río La Estrella.

SITIOS DE MUESTREO	RIO	LUGAR	COORDENADAS	
			Lat N (° ‘ “)	Long O (° ‘ “)
1	La Estrella	Cariei, R. Indígena Tainy	09 43 40	083 07 18.1
2	La Estrella	Bajo Cuen, R. Indígena Tainy	09 43	083 06
3	Cuen	Bajo Cuen. R. Indígena Tainy.	09 43 23.1	083 06 15
4	La Estrella	Vesta	09 43 29.7	083 03 28.8
5	Suruy	Casa Amarilla	09 43 42	083 02 11.2
6	Hitoy Cerere	Reserva Biológica Hitoy Cerere	09 40 13.6	083 01 38.5
7	Duruy	Finca 21	09 42 23.5	082 58 8.5
8	Bitey	Bocuares	09 41 45.5	082 56 19
9	La Estrella	Pandora	09 44 13.1	082 57 45.7
10	Niñey	San Rafael	09 45 35.5	082 58 22.2
11	La Estrella	Bonifacio	09 47 17.1	082 54 53.6
12	La Estrella	Desembocadura	09 47 16.8	082 54 53.8

La metodología en esta tesis se dividió en tres componentes principales: el ambiental, el legal y el socioeconómico.

3.2 COMPONENTE AMBIENTAL

3.2.1 Selección de los sitios de muestreo y número de muestras

Se realizó un muestreo estratificado en donde se definieron sitios de interés comparativo. Para ello se seleccionaron 12 sitios de muestreo que se señalan en la Fig. 3, representativos de condiciones distintas en cuanto al posible aporte de sedimentos. Con ayuda de hojas cartográficas y mapas temáticos de la cuenca del río La Estrella, se escogieron los sitios, luego se realizaron visitas de campo para verificar la accesibilidad y ubicar los lugares exactos donde tomar las muestras. En general, se ubicaron los sitios en una gradiente de condiciones naturales y de intervención humana. De esta manera, se tiene un primer grupo con muy poca actividad humana y gran cantidad de bosque natural. Esos sitios fueron 1, 2, 4, correspondientes al cauce principal del río La Estrella; el sitio 3 se ubicó en un tributario dentro de la Reserva Indígena Tainy y el sitio 6 en un tributario dentro de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. El segundo grupo estuvo conformado por los sitios 5, 7, 8, 10 todos

en tributarios en donde la actividad agropecuaria aumentó y existe menos cantidad de bosque natural que los sitios anteriores. Por último, un tercer grupo formado por los sitios 9, 11 y 12, ubicados en el cauce principal y en donde se ha acumulado mucha actividad humana y caracterizado por tener desarrollo de agricultura de manera intensiva y extensiva. Para cada sitio de muestreo se determinó la conductividad, la turbidez, la concentración sólidos suspendidos, el porcentaje de materia orgánica e inorgánica, el caudal y la descarga de sedimento. El muestreo se llevó a cabo durante los meses de setiembre a diciembre del 2003 y de enero a mayo del 2004, incluyendo periodos de alta y baja precipitación, realizados cada 22 días. Tanto para la toma de muestras como para establecer el caudal de los ríos se formaron grupos de 2 a 5 personas (en algunos casos) para la toma y transporte de las muestras. En total se tomaron 123 muestras de agua de un litro cada una, correspondientes tanto al cauce principal como a los tributarios, realizando cuando fue posible, tres repeticiones por sitio de muestreo correspondientes a una sección transversal del río.

3.2.2 Determinación de la conductividad

La muestra fue colectada manualmente en botellas en cada sitio de muestreo, luego en el laboratorio se colocó en un vaso y donde se midió la temperatura del agua con el fin de calibrar en medidor de conductividad y con el medidor de conductividad se obtuvieron los valores en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.2.3 Determinación de la turbidez

La muestra fue colectada manualmente en botellas en cada sitio de muestreo, en el laboratorio el primer paso fue calibrar el espectrofotómetro a una longitud de onda de 450 nanómetros (luz visible), esto es porque el espectro de absorción más amplio tiene un máximo de absorbancia alrededor de 460 a 500 nm (Skoog *et al.* 2001). Se limpiaron y se llenaron 2 celdas con agua destilada y se ajustó en el espectrofotómetro el punto (0,0) con ambas celdas. Se dejó el agua destilada en la celda de referencia y en la otra celda se sustituyó el agua destilada por el agua de muestra, luego se midió la absorbancia de cada muestra contra el agua destilada. El valor de absorbancia se multiplicó por 2,54 porque el método utilizado es para celdas de una pulgada de espesor, ya que puede existir pérdida por reflexión y dispersión. Con el valor de absorbancia se obtuvo el porcentaje de transmitancia, mediante la siguiente fórmula: $T = 1/10^A$

donde:

T= transmitancia

A= absorbancia

Una vez obtenido el porcentaje de transmitancia se utilizó la ecuación en tercer grado de mejor ajuste (Umaña 2003, comunicación personal) donde:

$JTU = 498,419 - 14,0487 T + 0,17726 T^2 - 0,0008695 T^3$ donde T es el porcentaje de transmitancia.

3.2.4 Determinación de sólidos suspendidos.

Para determinar la concentración de sólidos suspendidos se utilizó el método gravimétrico (Sawyer *et al.* 2001). Para la toma de muestras en los ríos se utilizaron botellas de polietileno de 1000 ml y botella Van Dorn horizontal. Se filtró la muestra en filtros prepesados de fibra de vidrio Millipore GF/C Whatman anotando el volumen de agua utilizado y se colocó en un horno secador a una temperatura de 60 °C por un periodo de 24 horas, se puso en el desecador por 30 minutos y se pesó, el procedimiento se repitió hasta alcanzar un peso constante. La diferencia de peso del filtro con la muestra menos los pesos iniciales del filtro vacío indicaron la cantidad de sólidos en suspensión en el momento del muestreo, expresado en mg/l.

3.2.5 Determinación de materia inorgánica

Se determinó mediante el método de calcinación (Sawyer *et al.* 2001). Se colocaron los crisoles en el horno industrial a 550 °C por un periodo de 6 horas, luego en el desecador por 45 minutos y se pesaron en la balanza analítica, este procedimiento se repitió hasta alcanzar un peso constante. Se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente pero con los filtros de las muestras en los crisoles. Por diferencia de peso se obtuvo la cantidad de materia inorgánica que es el material que quedó en el filtro después de la calcinación, pues la materia orgánica se eliminó en el proceso.

3.2.6 Determinación de caudal

El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección del río en un determinado periodo de tiempo y es importante para establecer la descarga de sedimento por sitio de muestreo. Se

realizaron tres mediciones en la sección transversal de los ríos, midiendo la profundidad con una varilla y la cinta métrica, la velocidad de corriente se obtuvo con la botella plástica llena de agua amarrada a una cuerda de 30 metros donde se tomó el tiempo en que la botella recorría los 30 m, (Lind 1979) y se midió el ancho del cauce con el telémetro. El caudal se obtiene mediante la siguiente fórmula de Roldán (1992):

$$Q = \frac{wdl}{t}$$

donde :

Q = caudal expresado en m³/s

w = ancho del cause

d = profundidad media del río

l = distancia recorrida por el objeto flotante

t = tiempo recorrido por el objeto flotante

El caudal obtenido se comparó posteriormente con los caudales reportados por el Instituto Costarricense de Electricidad, en la estación Pandora, para el periodo de setiembre a diciembre 2003 y de enero a mayo del 2004 (Anexo 2).

3.2.7 Determinación de descarga de sedimento

A partir de los datos de la cantidad de sólidos suspendidos (mg/l) y de los caudales obtenidos en cada sitio y fecha de muestreo (m³/s), se obtuvo la descarga de sedimento para cada sitio y fecha correspondiente. Se traspasan los datos de concentración de sedimento a g/l y los de caudales a l/s y luego se multiplican entre sí obteniendo la descarga de sedimento en g/s.

3.2.8 Caracterización de los sitios de muestreo

Para apoyar la caracterización de los sitios de muestreo seleccionados, se eligieron 7 variables consideradas relevantes en cuanto al aporte de sedimento, estas variables fueron generadas utilizando mapas temáticos de la cuenca del río La Estrella elaborados previamente, con Arq View. Con el planímetro y las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional escala 1:50000, Estrella # 3545-II, Cahuita # 3645, Matama # 3544-II, Chirripó # 3545-III, Telire # 3544-I, Amubri # 3644-IV se obtuvo el área de drenaje de cada sitio de muestreo y con el programa Image Tool se determinó un porcentaje de cada variable

por sitio, que fue utilizado para los análisis estadísticos posteriores (Anexo 3). Se midió la longitud del río la Estrella en cada sitio de muestreo y la longitud de los tributarios utilizando un curvímetro y las hojas cartográficas. En el cuadro 3 se muestran las variables mencionadas anteriormente y de por qué fueron seleccionadas.

Cuadro 3

VARIABLES consideradas relevantes en cuanto al aporte de sedimento.

VARIABLE	JUSTIFICACION
Longitud del río	La longitud del río es importante pues la velocidad del agua y el transporte de sedimento varía a lo largo y a lo ancho del mismo río, desde la superficie del agua hasta el lecho del río (Chow <i>et al.</i> 1994)
Pendiente	A mayor pendiente el agua tiende a fluir más rápidamente, y por lo tanto la infiltración tiende a ser menor, acelerando el proceso erosivo (Heuveloop <i>et al.</i> 1986).
Precipitación	Cuando la precipitación es alta ésta tiene efectos sobre la erosión de los suelos (Guariguata & Kattan, 2002). Según Heuveloop <i>et al.</i> (1986), la alta precipitación aumenta la probabilidad y gravedad de las inundaciones, pues se excede la tasa máxima de infiltración del suelo generando escorrentía superficial.
Area protegida	Al ser el área protegida una zona que incluye una cobertura boscosa densa y un uso del suelo no intensivo puede influir en el aporte de sedimento.
Cobertura Boscosa	Según Guariguata & Kattan (2002), como parte del ciclo hidrológico, en algunos casos, el agua que cae sobre el follaje de los árboles se evapora allí mismo sin tocar nunca el suelo (agua de intercepción). Aunque las gotas que llegan desde el follaje son más grandes que las gotas de lluvia, la velocidad de caída es menor, por lo que se compensa el poder erosivo de las gotas. Además la cobertura de hojarasca que existe en los bosques disminuye la escorrentía superficial.

Cuadro 3 (continuación)

Altitud	Esta variable está muy asociada con la precipitación. Según Guariguata & Kattan, (2002), en los trópicos debido al levantamiento de las masas de aire húmedo ocurren lluvias por efecto orográfico, las cuales son de corta duración pero intensas.
Intensidad de uso del suelo	Según Heuveltop <i>et al.</i> (1986), el agua infiltrada en el suelo en un bosque natural es mayor que en un terreno con pasto o agricultura en un mismo periodo de tiempo. De allí que la intensidad de uso que tenga el suelo influye en el aporte de sedimento.

3.2.9 Análisis de uso del suelo

Se elaboró un mapa de suelo sobreutilizado, con el programa Arq View, tomando como base el mapa de uso 1992, cobertura boscosa 1997 y 2000 del Atlas Costa Rica 2000 y 2004 del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y el mapa de capacidad de uso del suelo del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Mediante sobreposición de los mapas se obtuvo las áreas que se encuentran sobreutilizadas en la cuenca del río La Estrella. También se elaboraron mapas temáticos de la cuenca del río La Estrella con el programa Arq View, utilizando la base de datos del Atlas Costa Rica 2000 y 2004 del ITCR y base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2004). Estos mapas fueron de zonas de vida, precipitación promedio anual, pendientes, tipo de suelos, relieve, áreas protegidas y reservas indígenas, caminos, poblados, cantones y áreas prioritarias para el pago de servicios ambientales en reforestación y protección de bosque. Para el mapa de ubicación de sitios de muestreo y de sub-cuencas se utilizó el programa Photo Draw y la hoja cartográfica Limón escala 1:200000. El mapa de geología se elaboró con base en el mapa geológico de Costa Rica, hojas Limón CR2CM-6 y Talamanca CR2CM-8 a escala 1:200000 (1982).

3.2.10 Análisis estadístico

Se planteó un diseño de recolección de datos en donde se seleccionaron 12 sitios de muestreo que se consideraron representativos de condiciones diferentes en cuanto al posible aporte de sedimento. Estas diferentes condiciones de cada sitio representan factores potenciales de erosión que se relacionan luego con la descarga de sedimentos de cada sitio de muestreo

mediante análisis de varianza y análisis de regresión múltiple. Se realizó un análisis de conglomerados de acuerdo a la caracterización de cada sitio de muestreo.

3.3 COMPONENTE LEGAL

Se realizó un breve análisis de la Ley Forestal N° 7575, la Ley de Aguas N° 276 y el proyecto de Ley del Recurso Hídrico N° 14.585, en cuanto a las disposiciones legales sobre el área de protección de los ríos. Además se analizó la legislación que rige al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), en lo relacionado con el pago de servicios ambientales (PSA), esto por el interés de incentivar la protección del bosque y la reforestación en la cuenca si del trabajo así se concluye. También se mencionan las características del programa de Acueductos y Alcantarillados (AyA) sobre el turismo de montaña conocido como Bandera Azul Ecológica, como una posible opción a incentivar en las comunidades de la cuenca del río La Estrella.

3.4 COMPONENTE SOCIOECONOMICO

3.4.1 Análisis del crecimiento de la población y asentamientos humanos.

Para realizar este análisis se utilizaron mapas de segmentos censales N° 70102A, 70102B, 70102C y 70102D del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), información del censo 2000 del INEC, mapas de infocensos del Centro Centroamericano de Población (CCP) 2004 y base de datos CCP para los años censales 1973, 1984, 2000.

3.4.2 Análisis de la percepción de las personas acerca de la situación de la contaminación y la deforestación en la cuenca.

Se elaboró un cuestionario con 21 preguntas acerca de aspectos socioeconómicos en la zona, deforestación y contaminación (Anexo 4). Antes de su aplicación final, el cuestionario fue validado mediante la revisión por parte de profesores por medio de encuestas preliminares realizadas en el Valle de La Estrella. El sondeo se realizó mediante la aplicación de 43 encuestas dirigidas a estudiantes, maestros y profesores de escuela y colegio, grupos organizados y pobladores en general durante los meses de febrero a marzo del 2004 y mayo del 2005.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

Cada sitio de muestreo se caracterizó de acuerdo a la gradiente de condiciones naturales y de intervención humana de cada uno de ellos.

a. Río La Estrella en Cariei

Este sitio se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca, en la Reserva Indígena Tainy. Posee un área de drenaje de 137,79 km². En su mayoría (93%) posee una cobertura de bosque natural primario y bosque secundario en recuperación (debido a los deslizamientos ocurridos en 1991 durante el terremoto de Limón). En las fotos aéreas de 1998 se observan pocos parches de suelo descubierto. Tiene muy pocos asentamientos humanos y caminos de tierra muy angostos, generalmente muy cerca del río, dentro del área de protección. La altitud en el sitio de muestreo es de 185 msnm, posee suelo tipo ultisol (arcilloso) en un 100% del área. La precipitación promedio anual es de 4250mm, tiene un terreno muy escarpado con más de 60% de pendiente. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 25 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre. Es necesario caminar 8 km por camino de tierra y por el cauce del río La Estrella, cuyo recorrido se realiza a pie aproximadamente en 3 horas, es un sitio de gran belleza natural.



Fig. 4. Cauce del río La Estrella en Cariei en la Reserva Indígena Tainy

b. Río La Estrella en Bajo Cuen

Se ubica también en la Reserva Indígena Tainy, con un área de drenaje de 204,36 km². Tiene una cobertura de bosque primario y secundario en un 96% del área de drenaje. La precipitación promedio anual es alta de 4250 mm. Posee un terreno escarpado (de más de 60 % de pendiente), en un 90% del área de drenaje; el resto es terreno fuertemente escarpado de 30% a 60% de pendiente. Posee muy pocos asentamientos humanos y caminos de tierra muy angostos. En las fotos aéreas de 1998 se observa una cobertura boscosa extensa. La altitud en el sitio de muestreo fue de 134 msnm, el suelo es del orden ultisol; son suelos arcillosos en un 100% del área. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 25 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre. Se recorren 5,5 km por camino de tierra y por el cauce del río La Estrella, donde el recorrido a pie se realiza en aproximadamente 2 horas.



Fig. 5. Cauce del río La Estrella en Bajo Cuen, en la Reserva Indígena Tainy.

c. Tributario Cuen

El río Cuen es tributario del río La Estrella y se encuentra ubicado en la Reserva Indígena Tainy. Cerca del sitio de muestreo se existen dos asentamientos humanos, los poblados indígenas Alto Cuen y Bajo Cuen, los cuales poseen agricultura y ganadería a baja escala. El área de drenaje es de 72,03 km². Tiene una cobertura vegetal de bosque natural en un 90% del área. La precipitación promedio anual es de 3745 mm en el área de drenaje. Posee fuertes

pendientes muy escarpadas y solo un área muy pequeña es ondulada. Los caminos son de tierra y generalmente van a la orilla del río. Para llegar al sitio de nuestro estudio el recorrido es el mismo que el mencionado en para Bajo Cuen.



Fig. 6. Cauce del tributario Cuen en la reserva indígena Tainy.

d. Río La Estrella en Vesta

El área de drenajes es de 298,19 km² donde el 93 % de su área de drenaje tiene una cobertura vegetal de bosque natural, el resto posee asentamientos humanos indígenas, agricultura y pasto, pero a baja escala. Su suelo es del orden ultisol, es arcilloso en un 100% del área. La precipitación es alta de 3500 mm. Tiene terrenos escarpados de muy fuertes pendientes. Este sitio representa una zona recorrida por el río La Estrella en la cual no hay actividad humana extensiva ni intensiva, ciertamente existen pequeños asentamientos humanos pero son insignificantes si se comparan con otros sitios ubicados cuenca abajo, como Pandora o Bonifacio. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 25 km desde la carretera principal a partir de Penushur, por camino de asfalto y lastre, donde el recorrido en carro se realiza en aproximadamente una hora y media, debido a las condiciones del camino.



Fig. 7. Cauce del río La Estrella antes de llegar a Vesta.

e. Tributario Suruy

El río Suruy es un tributario de La Estrella con un área de drenaje de 31,13 km². El 80% de su área se encuentra ubicado en la Reserva Indígena Tainy. Tiene una cobertura vegetal de bosque natural en un 65% de su área. El 35% restante no se pudo determinar aunque posee un área de pasto para ganadería en la parte baja del río. El tipo de suelo es ultisol en un 97% del área. La precipitación es alta de 3500 mm y el terreno es escarpado y fuertemente ondulado, solamente la parte baja tiene áreas planas u onduladas. Posee mayor cantidad de asentamientos humanos, este río se caracteriza por cambios rápidos en su caudal y transporte de sedimentos, en periodos muy cortos de tiempo. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 21 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre, donde el recorrido en carro se realiza aproximadamente en una hora.



Fig. 8. Cauce del tributario Suruy, poco antes de su desembocadura.

f. Tributario Hitoy Cerere

El río Hitoy Cerere se encuentra ubicado en la reserva biológica del mismo nombre; tiene un área de drenaje de 55,53 km². Se determinó una cobertura boscosa del 100%, el suelo es en un 100% ultisol (arcilloso). La precipitación es de 2500 a 3000 mm como promedio anual con variaciones en su parte alta que puede llegar hasta 3500 mm. El terreno es escarpado y fuertemente ondulado. No existen asentamientos humanos o desarrollo de caminos. En la Fig. 9, se observa parte del río y con sus aguas claras y limpias, rodeado de bosque. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 22 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre.



Fig. 9. Cauce del tributario Hitoy Cerere ubicado en la reserva biológica del mismo nombre.

g. Tributario Duruy.

Este río parece haber sido canalizado por la compañía bananera y su área de drenajes es 72,25 km². En la parte alta presenta bosque y pasto y en la parte baja cultivos permanentes de forma extensiva, el suelo es de tipo ultisol (83.42%) e inceptisol (16.58%) en donde se desarrolla la agricultura. La precipitación es menor que la encontrada en los sitios anteriores. Tiene terrenos fuertemente ondulados y planos en la parte baja. En la Fig. 10 se observa uno de los puentes que pasan sobre el río Duruy, y se aprecia la gran cantidad de troncos que son arrastrados y quedan atrapados en el puente cuando el río aumenta su caudal. Para llegar al

sitio es necesario desplazarse 15.4 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre.



Fig. 10. Cauce del tribuario Duruy.

h. Tributario Bitey

Es la subcuenca más pequeña de todas las analizadas, 17,7 km². Se encuentra ubicado en el poblado de Bocuares. Tiene suelos arcillosos en un 100% de su área. La cobertura vegetal es de bosque 57.9% y pasto (42.07%) y tiene la precipitación promedio anual más baja de todos los sitios muestreados, de 2200 mm. Posee terrenos fuertemente ondulados y presenta asentamientos humanos y caminos de lastre. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 18.5 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre.



Fig. 11. Cauce del tributario Bitey.

i. Río La Estrella en Pandora

El área de drenaje es de 634,5 km². Este sitio se caracteriza principalmente por tener en su área de drenaje el desarrollo de cultivos como el banano, además de pasto para ganadería, el tipo de suelo es en su mayoría arcilloso, cercano al sitio de muestreo el terreno es plano y ondulado. Se observa un considerable incremento en los asentamientos humanos, escuelas, colegio, casas, caminos y comercio. Aquí es donde se concentra la mayoría de la población, debido al trabajo en las fincas bananeras y al desarrollo del comercio. Los caminos también aumentan considerablemente y son de grava, aunque cercano al sitio está la carretera principal que es de asfalto. También existe un gran aumento de drenajes o canales elaborados por la compañía bananera. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 12 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto.



Fig.12. Cauce del río La Estrella en Pandora.

j. Tributario Niñey

El río Niñey se encuentra ubicado en la comunidad de San Rafael, la cual tiene en general como modo de subsistencia la ganadería. Su área de drenaje es de 41,63 km², tiene un terreno fuertemente ondulado de 30 a 60% de pendiente, la precipitación es de 3000 mm como promedio anual, los suelos son del tipo ultisol, es decir presentan características de suelo arcilloso. En cuanto a la cobertura vegetal tiene un 62% de bosque primario y secundario y el resto tiene pasto (34%). Posee caminos de lastre en su mayoría. Para llegar al sitio es

necesario desplazarse 8 km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto y lastre.



Fig. 13. Cauce del tributario Niñey.

k. Río La Estrella en Bonifacio

El área de drenaje determinada fue de 740,41 km², sus tipos de suelo son ultisol e inceptisol, en este último es donde se desarrolla la actividad agrícola. Posee bosque natural (76.5%), el resto pertenece a cultivos permanentes y pasto. La precipitación es alta de 3500 mm, la pendiente del área de drenaje escarpado y fuertemente ondulado en 80% del área de drenaje. Se observa, al igual que en Pandora, un considerable aumento en los asentamiento humanos. Los caminos son de grava y asfalto y también existen drenajes o canales construidos por la compañía bananera. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 1km desde la carretera principal a partir de Penshur, por camino de asfalto.



Fig. 14. Cauce del río La Estrella en Bonifacio

La foto de la Fig. 14 fue tomada dos días después de un evento extremo de lluvia. Nótese la coloración del río debido a los sedimentos transportados. También se observa que la zona de protección está en parte ocupada por cultivo agrícola (banano).

I. Río La Estrella en la desembocadura

El área de drenaje es de 745,1 km² y el tipo de suelo ultisol con solo 1% de entisoles que representa parte de la zona costera. La cobertura vegetal es de bosque, cultivos permanentes y pasto, la precipitación es alta de 3500 mm. Presenta pendientes escarpadas en un 79% de su área. Para el periodo de lluvia extrema el aumento de material en suspensión fue evidente. En la Fig. 15 se observa gran cantidad de material como troncos y ramas. Para llegar al sitio es necesario desplazarse 4 km desde la carretera principal a partir de Peshur, por camino de asfalto y arena.



Fig. 15. Desembocadura del río La Estrella, en un periodo de alta precipitación.

4.1 Caracterización de la cuenca del río La Estrella

La Vertiente Caribe de Costa Rica (24115 km²) es dividida por una densa red de drenajes, que desciende de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, la Cordillera de Tilarán, la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca, (Gómez 1986). Este sistema montañoso paralelo a la costa confiere un relieve muy empinado, salpicado por valles fértiles en el interior, como es caso de la cuenca en estudio. En rojo y café se pueden distinguir las principales cordilleras del país y la zona de estudio rodeada por la Fila de Matama y la Cordillera de Talamanca (Fig. 16).



Fig. 16. Mapa orográfico de Costa Rica. Fuente: Quesada 2003.

En la Fig. 17 mediante el perfil longitudinal, se observan las características del declive del río La Estrella, que va desde 0 hasta 1800 msnm.

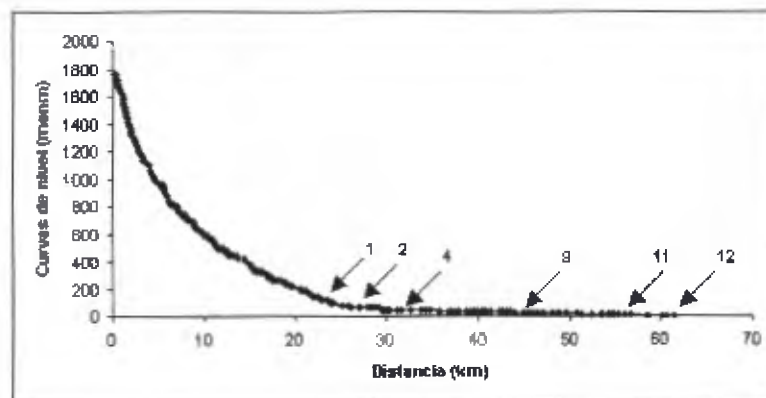


Fig.17. Perfil longitudinal del río La Estrella. Fuente: elaboración propia con base en hojas cartográficas del IGN. Cada flecha con su respectivo número indica la ubicación en el perfil de cada sitio de muestreo en el río La Estrella.

En el cuadro 4 se observa que la cuenca del río La Estrella es pequeña si se compara con las demás cuencas de Costa Rica, ese tamaño y las diferentes características a lo largo y ancho

de la cuenca facilitan y permiten estudiar varios factores simultáneamente, que puedan dar una indicación de la calidad de la cuenca.

Cuadro 4

La cuenca del río La Estrella en relación con otras cuencas de Costa Rica. Tomado de Quesada, 1980.

Nombre de la cuenca	Superficie (km ²)
Banano, Bananito, Moín, Madre de Dios, Cureña, Jesús María, Damas, Naranjo y Changuinola.	0 a 500
La Estrella , Pacuare, Barranca, Tusubres, Barú, y Savegre.	500 a 1000
Frío, Abangares, Parrita y Matina	1000 a 1500
Tortuguero, Chirripó, Sarapiquí, Poco Sol, Ríos Península de Osa y Esquinas.	1500 a 2000
Sixaola, Bebedero y Grande de Tárcoles.	2000 a 2500
Reventazón, San Carlos, Zapote.	2500 a 3000
Tempisque	3000 a 3500
Ríos de La Península de Nicoya y Costa Norte	4000 a 5000
Grande de Térraba	5000 a 6000

4.2 Aspectos biofísicos de la cuenca del río La Estrella

a. Zonas de vida

La cuenca del río La Estrella se encuentra en un ámbito amplio de zonas de vida, desde bosque pluvial montano bajo en las partes altas, hasta bosque muy húmedo tropical (Anexo I, mapa de zonas de vida), lo que le confiere características diversas a lo ancho y largo de toda la cuenca.

b. Precipitación

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) reconoce dos regímenes de precipitación bien definidos en el Caribe de Costa Rica: Régimen Atlántico en Montaña y Régimen Atlántico Costero, el cual, a su vez se subdivide en Atlántico Norte y Atlántico Central y Sur (Gómez 1986). El régimen Atlántico Costero comprende la faja litoral y llanuras circunvecinas, no presenta una estación seca definida a lo largo del año, solamente manifiesta un descenso considerable de la precipitación durante setiembre – octubre y marzo – abril. En cuanto al

régimen Atlántico en Montañas, es importante destacar que en la zona montañosa caribeña llueve todo el año; exhibiendo un máximo de precipitación en la tarde y primeras horas de la noche durante mayo – noviembre. Los registros pluviométricos muestran que todas las colinas reciben abundante precipitación, mayor a los 4000 mm, especialmente entre los 1200 y 2200 metros de altitud. En general se puede decir que en la zona montañosa llueve durante 26 ó 28 días al mes (Herrera 1985). Si se observa el mapa de precipitación media anual (Anexo 1, mapa de precipitación), se tiene que existe una mayor precipitación promedio en las partes altas de la cuenca. Los registros de precipitación del IMN corroboran lo citado anteriormente, la estación meteorológica Hitoy Cerere se encuentra ubicada a 100 msnm y la estación de Pandora a 17 msnm, esto significa que conforme se avanza hacia la montaña la precipitación va en aumento, debido al efecto orográfico. El promedio anual en la estación meteorológica Hitoy Cerere para el periodo 1981-2003 es de 3133,7 mm/año, mientras que en Pandora es menor con 2632,3 mm/año (Fig. 18).

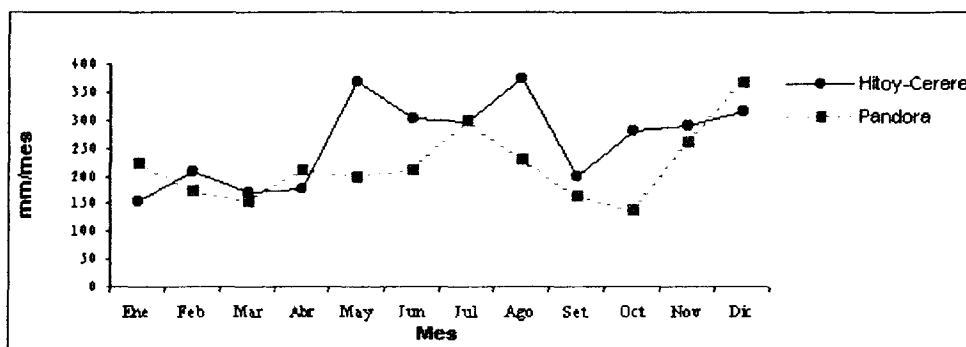


Fig. 18. Precipitación promedio en dos estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río La Estrella. Fuente: elaboración propia con base en datos mensuales de IMN de 1965 a 1985 y de 1981 al 2003.

c. Caudales

El promedio de caudales que informa el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en la estación Pandora, es de 39,9 m³/s con un máximo de 128,0 m³/s y un mínimo de 5,75 m³/s.

d. Sedimento en suspensión

En la Fig. 19 se observa el sedimento en suspensión en el río La Estrella desde 1973 hasta 1992. El promedio mínimo es de 5552,75 ton/año mientras que el máximo es de 59899,67 ton/año. Lo anterior sin tomar en cuenta el terremoto de Limón de 1991, que para ese evento extremo llegó hasta 228839,83 toneladas anuales.

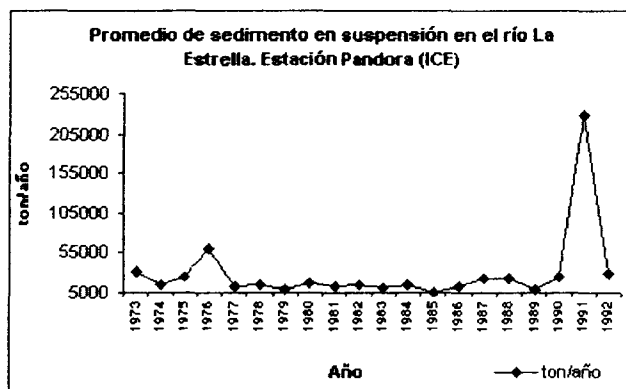


Fig. 19. Promedio anual de sedimento en suspensión en el cauce del río La Estrella. Fuente: elaboración propia a partir de valores diarios de sedimento en suspensión del ICE, periodo 1973-1992.

e. Pendientes

Del mapa de pendientes (Anexo 1, mapa de pendientes) se determinó que el 86% del área total de la cuenca posee terreno escarpado y fuertemente ondulado, mientras que el 43% de la cuenca posee pendientes de suaves a moderadas y planas; estas localizadas en su mayoría hacia el centro de la cuenca en la parte media y baja, así mismo el mapa de curvas de nivel da una idea del relieve presente en la parte alta como baja.

f. Tipos de suelo

El 92 % de la cuenca posee suelos del orden ultisol, distribuidos desde las partes más altas hasta las bajas, el 7% son del orden inceptisol y muy poco del orden entisol, apenas un 1% ubicados en la zona costera, (anexo 1, mapa de suelos). Los suelos del orden ultisol son suelos rojizos y pardo amarillos, poco desarrollados, arcillosos, sus partículas son muy finas y poseen diámetros menores a los 0,002 mm. En estos suelos existe mayor cantidad de microporos en los que el aire se mueve muy lentamente por lo que el suelo presenta

problemas de aireación. El agua también se desplaza muy lento en estos poros y la permeabilidad es pausada (Núñez 1985), son suelos mal drenados y ácidos. La escorrentía superficial en estos suelos es mayor debido a las características mencionadas anteriormente, además, puede incrementarse por la falta de cobertura vegetal (Heuvel dop *et al.* 1986). Los suelos del orden inceptisol, ubicados en la parte media donde se desarrolla la actividad agrícola y algunas partes bajas, se caracterizan por ser de origen aluvial (formados por depósitos de materiales acarreados por los ríos), son suelos inundables periódicamente. Por último, los suelos del orden entisol son suelos arenosos en la costas, poco desarrollados, asociados con suelos menos arenosos y poco profundos y están sujetos a inundaciones periódicas (IGN 1978).

g. Areas protegidas y reservas indígenas

El 61% de la cuenca se encuentra dentro de alguna categoría de manejo (mapa de áreas protegidas, Anexo 1). Un porcentaje del Parque Internacional La Amistad está ubicado en la parte alta de la cuenca, un poco más abajo se halla la Reserva Biológica Hitoy Cerere, así mismo, en la parte alta converge la reserva Indígena Tainy. Esto es importante pues allí se encuentra gran cantidad de bosque primario en fuertes pendientes y con un régimen alto de precipitación. En la parte media no se cuenta con ningún tipo de área protegida y en la parte baja se encuentra una pequeña área de la reserva privada Aviarios del Caribe.

h. Geología

En el mapa de composición geológica (Anexo 1, mapa de geología), se observa que la cuenca presenta una composición de origen sedimentario casi en un 100%, donde las condiciones de subsidencia y los cambios del nivel del mar han favorecido la deposición de sedimentos marinos y continentales en diferentes épocas (Denyer & Kussmaul 2000). La formación Suretka que forma parte de la cuenca, tipifica una formación sedimentaria continental, relacionado al retrabajo y transporte de masas terrestres expuestas a la erosión, debido al levantamiento de la cordillera de Talamanca. La formación Río Banano presenta areniscas, lutitas y conglomerados que fueron depositados en un ambiente marino somero, esta formación se caracteriza por una rica y alta diversidad de fauna, como corales, espinas de erizo, moluscos, dientes de tiburón (Denyer *et al.* 1987). Alejándose de la costa hacia la zona montañosa está la formación Uscari, donde las rocas se depositaron en la plataforma

continental y la diversidad de organismos era alta y caracterizada por aguas oxigenadas y sujetas a la influencia de las olas, corrientes marinas y tormentas; por esta razón se pueden encontrar fósiles de bivalvos, gastrópodos, espinas de erizo y dientes de tiburón. En la parte alta de cuenca (cerca de la naciente del río La Estrella), se encuentra la formación Tuis, expuesta en el sector noreste de la Fila de Matama y la cordillera de Talamanca, constituida por sedimentos de granulometría gruesa. El origen de esas rocas se relaciona con la existencia de un arco volcánico, que aportó al mar gran cantidad de materiales, los cuales posteriormente fueron removidos hasta depositarse en el talud continental (Denyer & Kussmaul 2000). Por último, se tienen rocas de origen intrusivo en la parte alta de la cuenca pero solo un 1% en relación con las rocas sedimentarias de toda la cuenca.

i. Uso del suelo

Del mapa de uso del suelo de 1992 (Anexo 1, mapa uso 1992), se desprende que el 69% del área de la cuenca cuenta con bosque ya sea primario, secundario o intervenido. Para 1992 el 12% era suelo descubierto en la parte alta debido a los derrumbes provocados por el terremoto de Limón en 1991. Hacia la parte media de la cuenca el uso del suelo se concentra en cultivos permanentes como lo es el banano (9%). La zona baja de la cuenca tiene un uso más diverso del suelo, existe pasto (8%), bosque secundario, bosque intervenido y algunas zonas de charral y tacotal, la zona costera posee principalmente humedal y pantano (1%). Para el año 1997 se determinó una recuperación del bosque de un 6%, esto se debe a la regeneración de la zona de suelo descubierto por el terremoto, ya que es una zona de vida que permite el rápido establecimiento del bosque si no existe intervención humana que lo limite (Ortiz 2004 comunicación personal). También, si se observa el mapa de caminos y poblados, se nota que de la parte media de la cuenca hacia la costa es donde existe un mayor desarrollo de infraestructura.

j. Cobertura boscosa

Según el mapa de cobertura boscosa del 2000 (Anexo 1) un 23% de la cuenca no tiene cobertura boscosa, esto indica que el 77% de la cuenca posee algún tipo de cobertura forestal.

k. Capacidad de uso del suelo

La capacidad de uso del suelo se determinó de acuerdo con la metodología oficial que se utiliza en Costa Rica, según el decreto N°23214 entre el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas de 1994 (Anexo 1, mapa de capacidad de uso del suelo). Con base en los anterior, 61% de la cuenca del río La Estrella se encuentra dentro de un área protegida, esto en la parte alta de la cuenca. El 27% pertenece a las clases VI y VII, es decir, reforestación y manejo de bosque natural o regeneración, respectivamente. Por último un 12% es de uso agropecuario, que incluye a las clases I, II, III, IV y V, en estas últimas clases se permiten los cultivos anuales, semi-permanentes y pasto para ganadería.

5. RESULTADOS

5.1 COMPONENTE AMBIENTAL

5.1.1 Comparación de parámetros físico-químicos determinados en el agua.

La Fig.20 muestra los resultados que se obtuvieron de conductividad, turbidez y sólidos suspendidos en el cauce principal del río La Estrella. Se determinó una estrecha relación entre la turbidez y la concentración de sólidos en suspensión. En el cuadro 5 se aprecia la correlación entre esos dos parámetros, que fue de 0,92. La conductividad se observa muy constante por cada fecha de muestreo, con un promedio general de $224,92 \pm 42,88 \mu\text{S}/\text{cm}$.

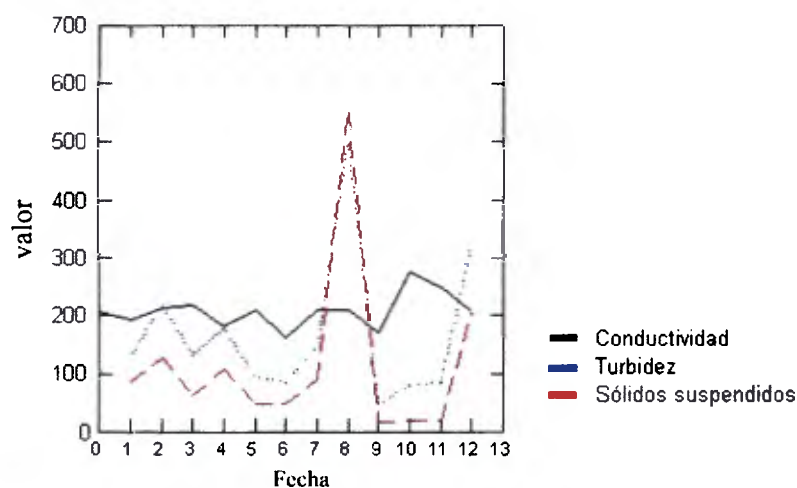


Fig. 20. Turbidez, sólidos suspendidos y conductividad del agua presentes en el cauce del río La Estrella.

Cuadro 5

Parámetros físico-químicos, matriz de correlación de Pearson para el cauce principal

VARIABLES	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turbidez (JTU)	Sólidos Suspendidos (mg/l)
Conductividad	1,00		
Turbidez	0,16	1,00	
Sólidos Suspendidos	0,21	0,92	1,00

Para los tributarios también existió una estrecha relación entre la turbidez y la concentración de sólidos en suspensión (Fig. 21) y como se hace notar en el cuadro 6, la correlación fue de 0,91. La conductividad medida en los tributarios presentó una mayor variabilidad debido a las diferencias de cada sitio de muestreo.

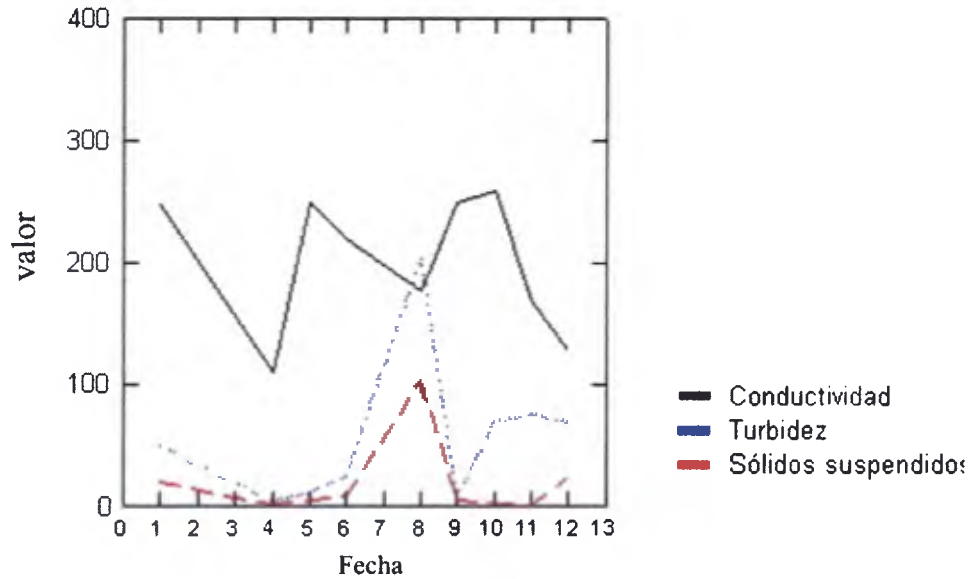


Fig. 21. Turbidez, sólidos suspendidos y conductividad del agua en los tributarios.

Cuadro 6

Parámetros físico-químicos, matriz de correlación de Pearson para los tributarios

VARIABLES	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turbidez (JTU)	Sólidos Suspendidos (mg/l)
Conductividad	1,00		
Turbidez	0,13	1,00	
Sólidos Suspendidos	0,18	0,91	1,00

5.1.2 Conductividad

En el cauce principal la conductividad aumentó desde la parte media de la cuenca hasta la desembocadura del río La Estrella.

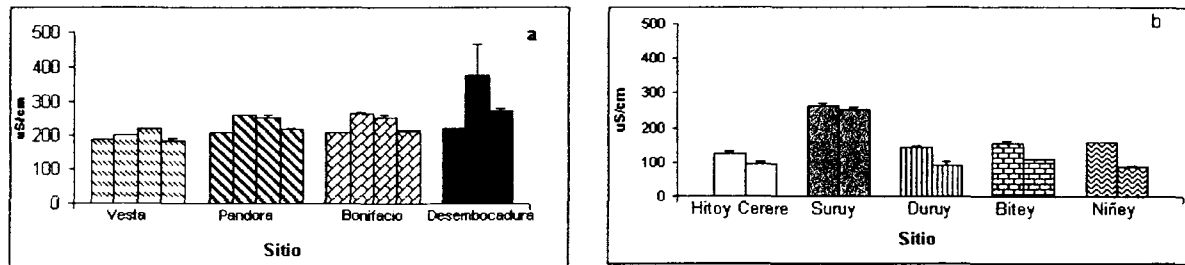


Fig. 22. Conductividad promedio en el río La Estrella (a), conductividad promedio en cinco tributarios (b).

En la Fig. 22a se observan cuatro sitios de muestreo en el río La Estrella donde cada columna corresponde a la conductividad promedio de una fecha respectiva de muestreo. En el análisis de varianza se determinó que sí hubo diferencia significativa entre los sitios ($p=0,00$), donde Vesta tuvo la menor conductividad promedio de $204,7 \pm 12,7 \mu\text{S/cm}$ y la Desembocadura el mayor valor promedio con $288,8 \pm 82,6 \mu\text{S/cm}$. No se encontraron diferencias entre Pandora, Bonifacio y la Desembocadura ($p=0,13$).

Para el caso de los tributarios el Suruy sobresale con una conductividad promedio alta y diferente a los otros sitios con $263,3 \pm 5,7 \mu\text{S/cm}$ (marzo 2004) y $253,0 \pm 5,7 \mu\text{S/cm}$ (mayo 2004) (Fig. 22b). Los promedios que se obtuvieron indican que el río Hitoy Cerere mantiene una conductividad relativamente baja en comparación con Suruy, con valores de $126,6 \pm 5,7 \mu\text{S/cm}$ en marzo y de $96,6 \pm 5,7 \mu\text{S/cm}$ en mayo. El análisis de varianza indicó que existió diferencia significativa entre Hitoy Cerere y Suruy ($p=0,00$), mientras que Bitey, Duruy y Niñey con respecto a Hitoy Cerere no presentaron diferencias significativas en conductividad ($p=0,29$).

Otro tributario evaluado, pero en diferente fecha que los anteriores fue Cuen, cuyo promedio fue de $231,6 \pm 14,7 \mu\text{S/cm}$, si se compara con el sitio Bajo Cuen (en el río La Estrella) cuya conductividad fue de $172,3 \pm 13,6 \mu\text{S/cm}$ y que está ubicado a tan sólo a 50 m del tributario, indica que el tributario presentó una conductividad alta que puede ser indicador de erosión, arrastre de sólidos disueltos aumentados por la actividad agrícola, aguas de origen doméstico, etc. Lo mismo sucede con Suruy si se compara con Vesta (en el cauce principal) ya que el

tributario tuvo mayor conductividad que Vesta, con un valor $247,5 \pm 20,0 \mu\text{S/cm}$ contra $201,8 \pm 13,2 \mu\text{S/cm}$ de Vesta. Los análisis de varianza indicaron diferencias significativas en ambos casos con $p=0,00$.

5.1.3 Turbidez

En general la turbidez entre sitios del cauce principal fue muy parecida (para las mismas fechas).

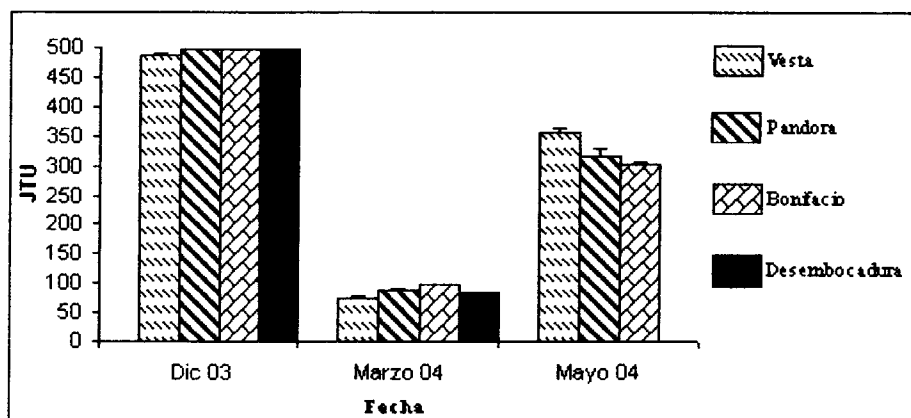


Fig. 23. Turbidez en el río La Estrella.

Se encontró que sí existe diferencia estacional, es decir, entre fechas. Cuando se evaluó baja y alta precipitación por separado, se encontró que sí existió diferencia significativa entre los sitios en época de baja precipitación (marzo 2004), una prueba de F lo confirmó con $p=0,00$ donde Vesta obtuvo el menor promedio con $74,5 \pm 1,9$ mientras que Bonfacio presentó el mayor con $88,5 \pm 3,4$ JTU. En época lluviosa (diciembre y mayo del 2004) la prueba de significancia indicó que no hubo diferencia significativa ($p=0,87$) entre sitios.

Para el caso de los tributarios, el análisis de varianza indicó que sí existe diferencia entre los tributarios ($p=0,00$). Con respecto a Hitoy Cerere los resultados indicaron diferencias significativas con todos los tributarios ($p=0,00$). En la Fig. 24 se observan las diferencias en cuanto a turbidez. En promedio Hitoy Cerere tuvo $23,44 \pm 2$ JTU lo que es un promedio muy bajo, mientras que Suruy obtuvo el mayor promedio con $104,04 \pm 5$ JTU de todos los

tributarios, seguido por Niñey ($82,6 \pm 6$ JTU), Duruy ($77,9 \pm 7$ JTU) y Bitey ($56,87 \pm 3$ JTU).

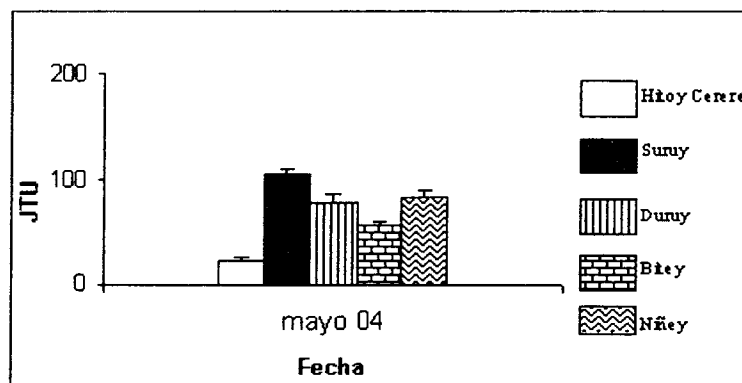


Fig. 24. Turbidez por fecha de muestreo en los tributarios.

No se presentan los resultados de marzo del 2004 ya que se detectó un error en el procesamiento de las muestras (Fig.24).

5.1.4 Concentración de sólidos suspendidos

En general la concentración para los sólidos suspendidos entre sitios del cauce principal fue muy parecida (para las mismas fechas). Sí existe diferencia estacional, es decir, entre fechas (Fig. 25). Cuando se evaluó baja y alta precipitación por separado, se encontró que sí existió diferencia significativa entre los sitios en época de baja precipitación (marzo 2004), con ($p=0,00$). Donde Vesta presentó la menor concentración con $2,75 \pm 0,63$ mg/l y la mayor corresponde a la Desembocadura con $33,1 \pm 9,3$ mg/l. Con una alta precipitación no se observaron diferencias entre sitios ($p=0,91$). Se excluyó la desembocadura ya que se presentaron problemas en la última fecha de medición.

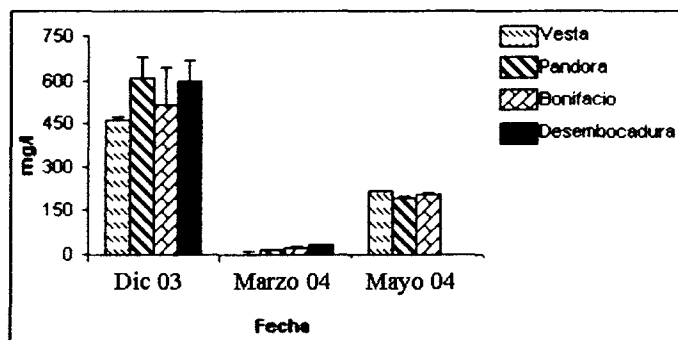


Fig. 25. Concentración de sólidos en suspensión en el río La Estrella.

En los tributarios sí se encontraron diferencias entre sitios, por ejemplo se obtuvieron diferencias significativas en la concentración de sólidos suspendidos en Suruy, Duruy y Niñey con respecto a Hitoy Cerere todas con $p=0,00$, por el contrario, como se observa en la Fig. 26, en mayo del 2004 no existió ninguna diferencia con el río Bitey ($p=0,52$).

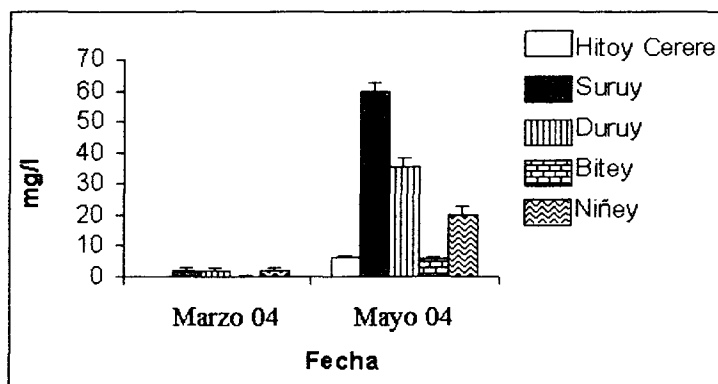


Fig. 26. Concentración de sólidos en suspensión promedio en los tributarios

En promedio los tributarios Bitey e Hitoy Cerere presentaron las menores concentraciones de sólidos suspendidos, 3,08 y 3,12 mg/l respectivamente. La mayor concentración fue del tributario Suruy con 30,83 mg/l, seguido por Duruy (18,81 mg/l) y Niñey (10,76 mg/l).

5.1.5 Materia inorgánica

Se determinó que el material que predomina en las muestras es de tipo aluvial (arcillas, limos). Para el río La Estrella los valores se encontraron por encima del 80% de materia inorgánica. Una excepción fue Vesta con un valor de 25%, el día 28 de marzo donde el río

estaba muy limpio y claro, por lo que el material arrastrado no era del tipo aluvial. No así los otros sitios como Pandora, Bonifacio y Desembocadura en esa misma fecha que presentaron valores de materia inorgánica de 80%, 81% y 89% respectivamente (Fig. 27 a).

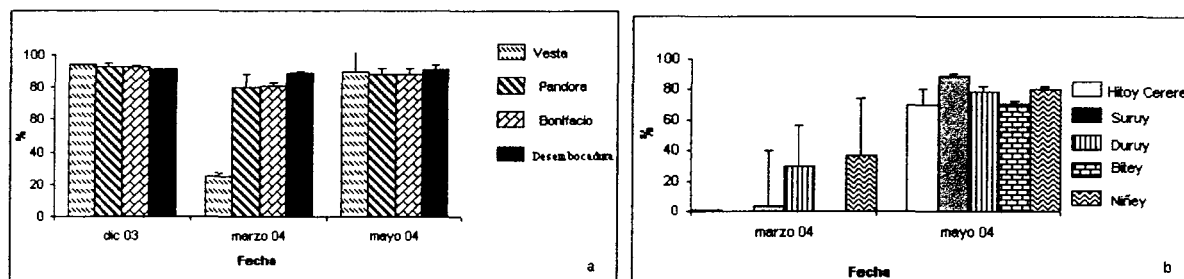


Fig. 27. Porcentaje de materia inorgánica presente en las muestras del río La Estrella (a) y porcentaje de materia inorgánica presente en las muestras de los tributarios (b).

Para el caso de los tributarios la variabilidad fue mayor que la encontrada en el cauce principal. La mayoría se mantuvo con valores mayores al 70% y se presentaron algunas excepciones a esto, donde los ríos Hitoy Cerere y Bitey tuvieron, el 28 de marzo, valores de 0% y los ríos Duruy de 30%, Suruy de 3% y Niñey de 40% respectivamente.

En el cuadro 7 se aprecia que existe correlación entre la cantidad de materia inorgánica de las muestras en relación a la descarga de sedimento (0,82) y de la descarga de sedimento en relación al caudal (0,85).

Cuadro 7

Matriz de correlación de Pearson para la materia inorgánica, caudal y descarga de sedimento

	Materia inorgánica	Caudal	Descarga de sedimento
Materia inorgánica	1,00000		
Caudal	0,66953	1,00000	
Descarga de sedimento	0,82044	0,85088	1,00000

5.1.6 Caudales

Con el fin de poder relacionar las descargas de sedimento en suspensión de cada sitio de muestreo y poder compararlas de manera más efectiva, se determinaron los caudales de los ríos al momento de tomar la muestra. El cuadro 8 muestra los resultados obtenidos de caudal en el sitio Pandora, mediante la metodología de Roldán (1992) y se comparan con los datos del Instituto Costarricense de Electricidad. Se consideró que las diferencias no son significativas, principalmente cuando se trata de caudales menores a 20 m³/s. Se estima que los caudales medidos en los tributarios son bastante confiables. Los demás resultados de caudal para todos los sitios de muestreo se encuentran en el Anexo 2.

Cuadro 8
Caudales obtenidos en la estación Pandora.

Fecha	Caudal (Tesis) (m ³ /s)	Caudal (ICE) (m ³ /s)
11 oct 2003	20,58	32,0
06 dic 2003	30,27	53,3
13 dic 2003	92,27	149,0
06 feb 2004	9,61	13,5
27 mar 2004	14,29	11,0
15 may 2004	92,01	161,0

5.1.7 Descarga de sedimento por sitio de muestro

Para los ANDEVAS siguientes solamente se usaron los datos de los sitios 4 a 11 y de las giras 11 y 12. El resto de combinaciones de sitios y fechas presentaron omisiones que invalidarían el análisis.

Del análisis de varianza inicial con $p= 0,00$ se determinaron tres grupos en cuanto al aporte de sedimento. El primero con descarga muy baja (< 500 g/s) que fueron los tributarios (sitios 5,6,7,8 y 10), el segundo con una descarga intermedia de 4444,53 g/s que fue Vesta (sitio 4) y el último grupo con una descarga más alta de 7942,98 g/s el sitio 9 (Pandora) y el sitio 11

(Bonifacio) con 8146,70 g/s respectivamente (Fig. 28). Lo anterior analizando dos fechas en conjunto, marzo y mayo del 2004. La desviación estándar reflejó la gran diferencia entre época seca y lluviosa.

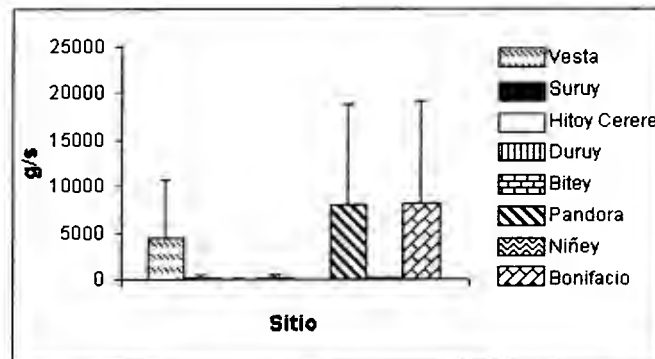


Fig. 28. Descarga de sedimento promedio (g/s) por sitio, para marzo y mayo del 2004.

Analizando el cauce principal y separando las fechas de muestreo existió diferencia significativa ($p=0,00$) entre el sitio 4 (Vesta) y los sitios 9 (Pandora) y 11 (Bonifacio), con valores promedio de $9,0 \pm 3,6$ g/s en Vesta, $216,2 \pm 45,4$ g/s en Pandora y Bonifacio con el valor promedio más alto de $278,0 \pm 21,8$ respectivamente (Fig. 29a), lo anterior en un periodo de baja precipitación (marzo 2004). En un periodo de alta precipitación (Fig. 29b) el sitio 4 (Vesta) presentó un valor de $8880,04 \pm 2800,48$ g/s mientras que Pandora presentó un valor de $15669,7 \pm 3298,0$ g/s y Bonifacio presentó el valor más alto con $16015,3 \pm 3442,5$ g/s. Los resultados anteriores dieron como resultado una diferencia significativa entre Vesta y los dos sitios anteriores con $p=0,00$. Por lo que, independientemente de la precipitación, Vesta es quien presenta siempre la menor descarga de sedimento.

Algo que parece claro y que no depende de las fechas, es que los sitios 9 (Pandora) y 11 (Bonifacio) presentaron resultados muy parecidos en las dos fechas (Fig. 29a y 29b), una prueba de F lo confirmó, $p= 0,97$, es decir, que no existió diferencia significativa entre estos dos sitios. Mientras que el sitio 4 (Vesta) presentó diferencia de la descarga por fecha de muestreo, con respecto a esos dos sitios.

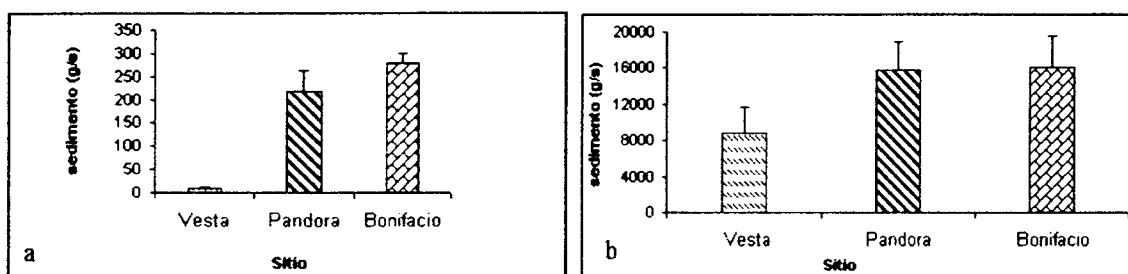


Fig. 29. Descarga de sedimento (g/s) en el río La Estrella, (a) muestreo realizado en marzo del 2004 y (b) muestreo realizado en mayo del 2004.

Para los tributarios al realizar un análisis por separado de cada uno de ellos en relación con el tributario Hitoy Cerere, esto por encontrarse ese río en una reserva biológica, se obtuvo que existió diferencia significativa ($p=0,02$) entre los sitios Suruy con 848,56 g/s e Hitoy Cerere con 28,89 g/s. También entre Hitoy Cerere con 38,90 g/s contra Duruy con 183,32 g/s con $p=0,00$ y contra el tributario Niñey con 94,01 g/s con $p=0,03$. Solo el tributario Bitey presentó una menor descarga de sedimento que Hitoy Cerere con 8,12 g/s con $p=0,02$ (Fig. 30.)

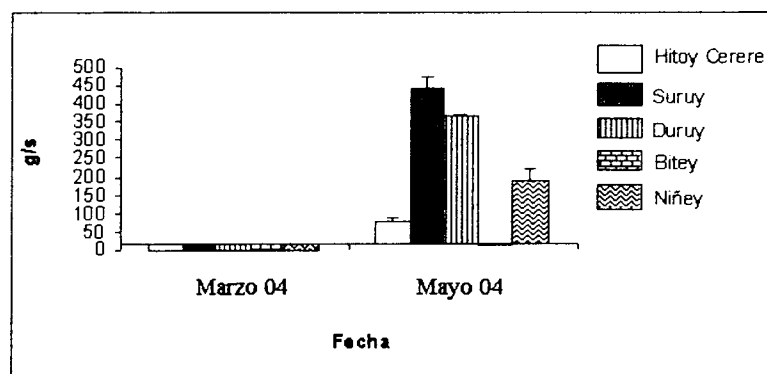


Fig. 30. Descarga de sedimento promedio en los tributarios

5.1.8 Caracterización de los sitios de muestreo: resultados

Cada sitio de muestreo fue caracterizado según seis variables que se consideraron relevantes en cuanto al aporte de sedimento. En el cuadro 9 se muestra el resultado de las variables generadas para cada sitio.

Cuadro 9
Características de cada sitio según seis variables consideradas relevantes en el aporte de sedimento

Sitio	Cauce	Río	Lugar	Longitud (km)	Pendiente (%)	Precipitación (3500 mm) (%)	Área protegida (%)	Bosque (%)	Altitud (msnm)
1	P	Estrella	Cariei	24,4	99,0	100,0	100,0	93,5	185,0
2	P	Estrella	Bajo Cuen	26,8	100,0	100,0	100,0	95,7	134,0
3	T	Cuen	Bajo Cuen	12,4	97,6	100,0	100,0	90,3	134,0
4	P	Estrella	Vesta	32,1	97,3	99,5	100,0	92,7	60,0
5	T	Suruy	Casa Amarilla	13,8	76,5	80,8	57,5	65,3	70,0
6	T	Hitoy Cerere	Casa parque	13,3	100,0	6,9	100,0	95,1	149,0
7	T	Duruy	Finca Bananera	12,5	86,6	0,0	38,1	59,6	30,0
8	T	Bitey	Bocuares	9,0	100,0	0,0	8,1	57,9	40,0
9	P	Estrella	Pandora	46,9	83,2	59,5	70,8	77,8	20,0
10	T	Niñey	San Rafael	13,9	87,2	0,0	0,0	82,4	40,0
11	P	Estrella	Bonifacio	57,4	79,8	49,5	62,1	76,5	10,0
12	P	Estrella	Desembocadura	61,4	78,9	49,1	61,2	75,2	0,0

Longitud (km): longitud del río desde la naciente hasta el sitio de muestreo.

Pendiente (%): porcentaje del área de drenaje escarpada o fuertemente ondulada.

Precipitación: (3500 mm): porcentaje del área de drenaje con precipitación de 3500 mm o más como promedio anual.

Área protegida (%): porcentaje de área protegida.

Bosque (%): porcentaje de cobertura boscosa por área de drenaje.

Altitud (msnm): altitud en el sitio de muestreo.

Con las variables del cuadro 9 se realizó un análisis de conglomerados, cuyo resultado se muestra en la Fig 31. Este análisis sugirió cuatro grandes grupos que fueron:

1. grupo testigo: Cariei (1), Bajo Cuen (2), Cuen (3) y Vesta (4)
2. Pandora (9), Bonifacio (11) y Desembocadura (12) y el tributario Suruy
3. los tributarios Duruy (7), Bitey (8) y Niñey (10)
4. tributario testigo: Hitoy Cerere (6)

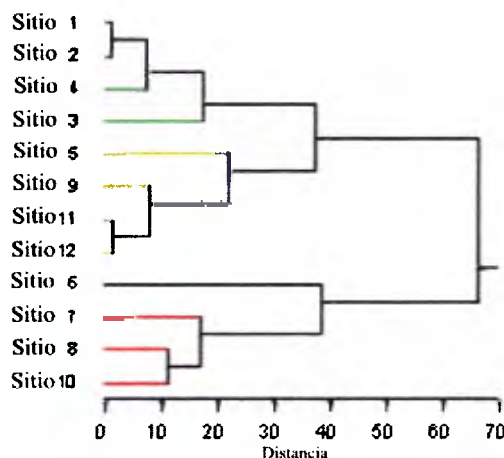


Fig. 31. Dendrograma de clasificación de sitios, según las variables consideradas relevantes.

Con esta clasificación se infiere que los resultados de conductividad, turbidez, concentración de sedimento y descarga de sedimento encontrados en Vesta pueden ser muy similares en las partes más altas de la cuenca (sitios 1,2,3). La clasificación en un mismo grupo de los sitios Pandora, Bonifacio y la Desembocadura se vió reflejado en los andevas, que no mostraron diferencias significativas entre ellos. También, se observa que el tributario Hitoy Cerere quedo clasificado en un grupo aparte de los otros tributarios. Debido a esto y sabiendo que se encuentra en una reserva biológica se utilizó como testigo para las comparaciones realizadas.

5.1.9 Relación de factores potenciales de erosión y descarga de sedimento

Mediante un análisis de correlación entre la descarga de sedimentos y las variables del cuadro 9 se determinaron los posibles factores de erosión. En el cuadro 10 se observan las correlaciones significativas que muestran una estabilidad o coherencia razonable en su relación con la descarga de sedimento. En primera instancia se tiene la longitud del río, el porcentaje de precipitación y la altitud, ya que **mantienen el mismo signo y un valor absoluto**

dentro de un rango similar. Una mayor longitud del río y un mayor porcentaje de precipitación están asociados a una mayor descarga de sedimento. El porcentaje de pendiente se excluyó por tener un rango de variación muy estrecho que no discrimina entre sitios.

Cuadro 10
Correlaciones significativas entre descarga de sedimentos y los factores potenciales de erosión (matriz de Pearson)

Variable	Marzo 04	Mayo 04
Longitud del río	0,94	0,99
% precipitación	0,27	0,54
% Area protegida	0,20	0,40
% Bosque	0,06	0,25
Altitud	-0,49	-0,47

Una mayor altitud está asociada a una menor descarga de sedimento. En el cuadro 11 se observa a su vez que la altitud presenta correlaciones moderadamente altas con los porcentajes de cobertura boscosa y área protegida.

Cuadro 11
Correlación entre los factores potenciales de erosión (matriz de Pearson)

VARIABLES	Longitud del río (km)	Pendiente (%)	Precipitación (%)	Área Protegida (%)	Bosque (%)	Altitud (msnm)
Longitud del río	1,0000					
% Pendiente	-0,5098	1,0000				
%Precipitación (3500 mm)	0,2269	0,1331	1,0000			
% Área Protegida	0,1823	0,3679	0,7438	1,0000		
% Bosque	0,0737	0,5238	0,5368	0,7521	1,0000	
Altitud	-0,4599	0,7001	0,4433	0,6492	0,6827	1,0000

5.1.10 Resultados de uso del suelo

Un 11% de los suelos de la cuenca del río La Estrella, es decir 81,87 km² se encontraron sobre-utilizados, debido a la ganadería y cultivos permanentes en lugar de áreas protegidas y manejo de bosque natural o regeneración. En cuanto a los tributarios se determinó suelo sobre-utilizado prácticamente en todas las sub-cuencas, excepto en la del río Hitoy Cerere. Los cultivos permanentes invaden pequeñas áreas en la Reserva Indígena Tainy, también invaden zonas que deberían ser de manejo de bosque o regeneración natural. En algunas zonas de la reserva indígena se encuentran áreas sin cobertura boscosa pero puede deberse a pasto para ganadería en propiedades de los mismos indígenas.

En la Fig. 32 (mapa de suelo sobre-utilizado) se observa la distribución de acuerdo con el sobre-uso del suelo. Si se relacionan los resultados de la descarga de sedimento con el uso del suelo, se encuentra que las menores descargas en el río La Estrella concuerdan con sitios donde existe un mayor uso del suelo acorde con su capacidad, es decir, de Vesta (sitio 4) hacia la naciente del río, donde existe mayor porcentaje de bosque, mayor porcentaje de área protegida. La mayor descarga de sedimento corresponde a los sitios Pandora y Bonifacio (sitios 9 y 11), donde el uso del suelo se incrementa y no existe cobertura boscosa en sitios que deberían tener un manejo del bosque o regeneración natural.

En los tributarios las menores descargas son de Bitey e Hitoy Cerere. En Bitey existe un pequeño porcentaje de pasto en lugar de manejo de bosque natural aunque la longitud del río es menor que la de los otros tributarios y la precipitación promedio anual en Bitey es la más baja de la cuenca. Hitoy Cerere es el río que presenta los menores valores promedio de todos los parámetros medidos y es en donde existe un uso adecuado del suelo de acuerdo con su capacidad, es decir, de protección. El tributario Suruy es el que presenta la mayor descarga de sedimento y esto posiblemente tenga relación con que las zonas que deben ser de áreas protegidas o de manejo y regeneración de bosque natural están siendo utilizadas para ganadería. También existe relación entre las descargas de sedimento de los tributarios Duruy y Niñey con el uso inadecuado del suelo en sus sub-cuencas, ya que debería existir manejo de bosque natural o regeneración y por el contrario existen cultivos y pasto en Duruy y ganadería en Niñey, la cual se encuentra muy extendida desde las partes altas hasta las bajas de esta sub-cuenca.

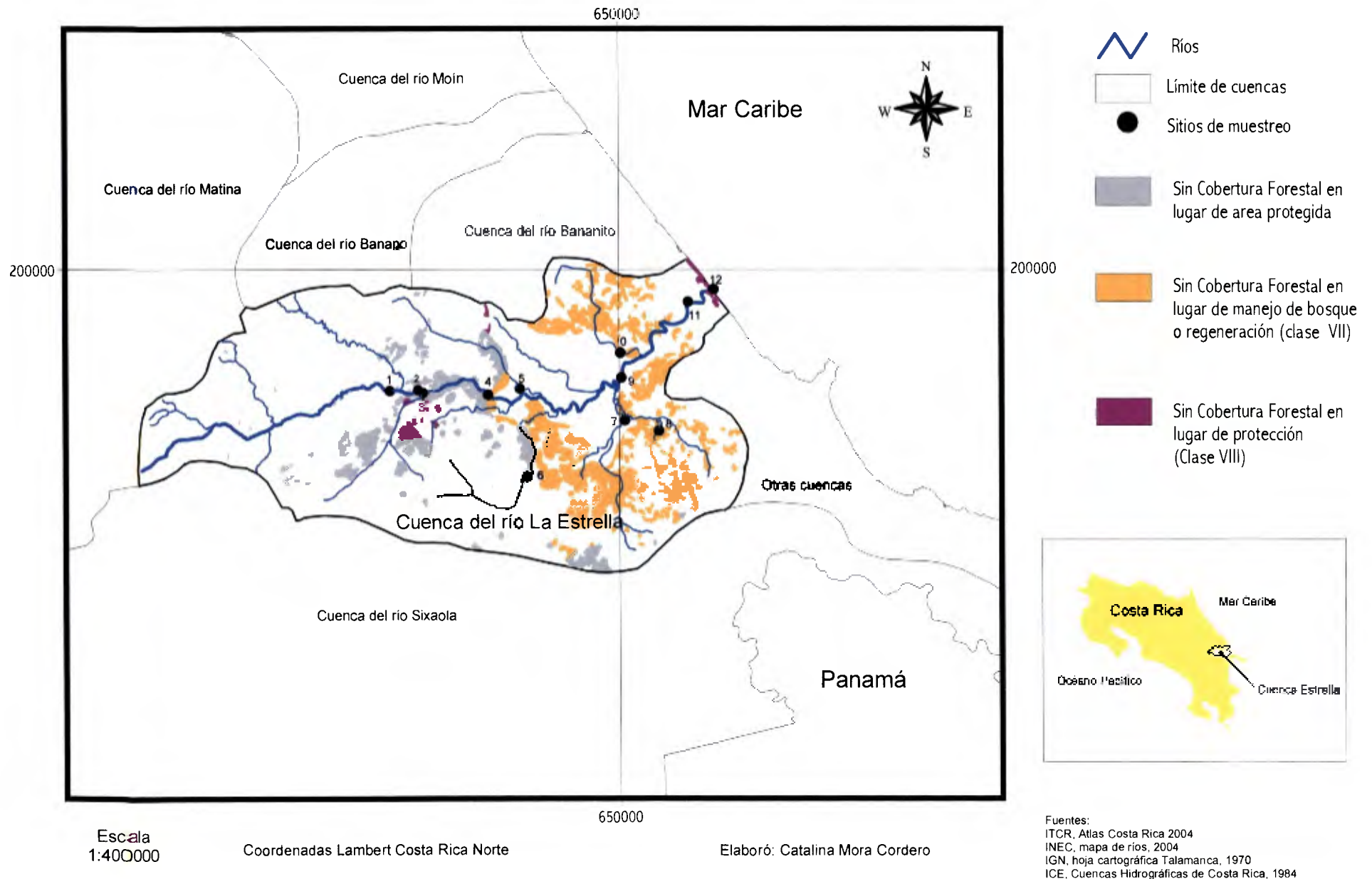


Fig: 32. Mapa de suelo sobre-utilizado, cuenca del río La Estrella, Costa Rica.

5.2 COMPONENTE LEGAL

Después de revisar y analizar la legislación concerniente al área de protección de los ríos y basado en visitas de campo se obtuvieron los siguientes resultados.

5.2.1 Legislación vigente en Costa Rica referente al área de protección de los ríos.

a. Ley forestal N° 7575

La organización y competencia de la Administración Forestal del Estado recae sobre el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAEC), el cual deberá realizar sus funciones a través del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), de acuerdo con el artículo 3 del capítulo 2. En este caso a través de la oficina del Área de Conservación Amistad Caribe.

En el cuadro 12 se transcribe lo que la Ley forestal N° 7575 de 1996 declara en cuanto al área de protección según Capítulo IV, artículos 33, 34 y artículo 2 de definiciones en el reglamento.

Cuadro 12
Disposiciones legales en cuanto a zonas de protección de los ríos

Ley Forestal Artículo 33	Áreas de protección: Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
Ley Forestal Artículo 34	Prohibición para talar en áreas protegidas. Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional. Los lineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, serán realizadas por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.
Reglamento Artículo 2	Definiciones: Terrenos quebrados son aquellos que tienen una pendiente promedio superior al 40 %.

Analizando el artículo 2 del reglamento al decir pendiente “promedio”, genera que terrenos con un porcentaje mayor al 40% puedan pasar a ser de menor pendiente. Por ejemplo se tiene un terreno con las siguientes características:

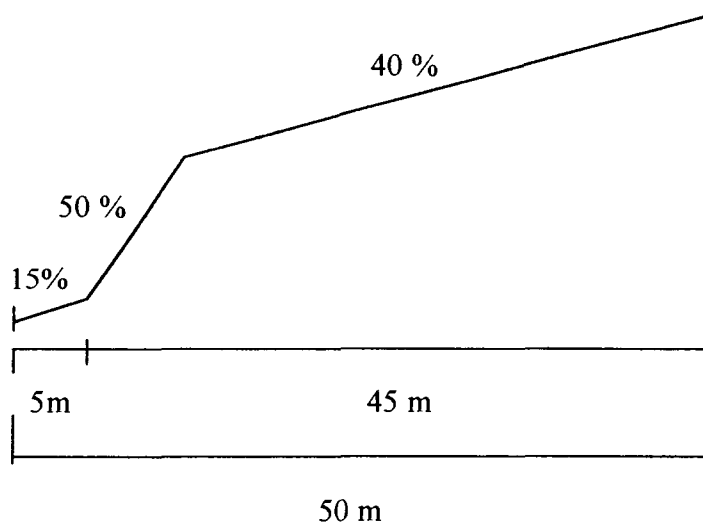


Fig. 33. Caso hipotético de un perfil longitudinal de terreno en cuanto al área de protección.

En la Fig. 33 el promedio de las pendientes 15% , 50% y 40% es 35%, por lo tanto al ser menor que 40% no califica como terreno quebrado por lo que el área de protección pasa de ser de 50m a 15m según la legislación. Este problema puede resolverse si se obtiene un promedio ponderado de la pendiente.

Otro aspecto analizado fue en cuanto el área de protección y la relación urbano-rural. Según la ley (artículo 33) el área de protección en zona rural debe ser de 15m y en zona urbana debe ser de 10m, lo que parece inadecuado. Por ejemplo, si debido al aumento de la población, una zona del país deja de considerarse rural y pasa a considerarse urbana, esto afectará el área de protección de los ríos, reduciéndola a 10m.

b. Ley de aguas N ° 276

La ley de aguas que rige a Costa Rica data de 1942, con algunos transitorios de 1996 y le corresponde al MINAE velar por la correcta aplicación de la ley, según capítulo 11, artículo

76. Para conservar el bosque ribereño o área de protección de los ríos la ley estipula lo siguiente en el cuadro 13.

Cuadro 13

Legislación vigente en Costa Rica en cuanto a la protección de aguas y áreas de protección de los ríos y penas por violaciones a la ley. (Ley de aguas N° 276).

Artículo (N°)	Disposiciones
145	Para evitar la disminución de las aguas producida por la tala de bosques, todas las autoridades de la República procurarán el estricto cumplimiento de las disposiciones legales referente a la conservación de árboles, especialmente los de las orillas de los ríos y los que se encuentren en nacientes de agua.
148	Los propietarios de terrenos atravesados por ríos, arroyos o manantiales, en cuyos contornos hayan sido destruidos los bosques, están obligados a sembrar árboles en las márgenes de los mismos ríos, arroyos o manantiales.
150	Se prohíbe destruir, tanto en bosques nacionales como particulares, los árboles situados a menos de 5 metros de los ríos o arroyos.
151	La infracción a los artículos anteriores obliga a reponer los árboles destruidos y lo sujeta a la pena del artículo 165.
165	La infracción a las disposiciones de los artículos anteriores será penada con multa de 200 a 500 colones. En caso de reincidencia o cuando el número de árboles exceda de 5, la pena será de arresto de 2 a 6 meses. La autoridad de policía que teniendo conocimiento de la infracción no procuró su castigo, será penada con pérdida del empleo y prisión de 1 a 3 meses.

Lo decretado en los artículos 145, 148 y 150 no se cumple en la actualidad en muchos ríos y quebradas de la cuenca, como fue corroborado en las visitas de campo. Si bien el artículo 165 impone la pena por no cumplir con las pautas de protección de los bosques a orillas de ríos, estas multas están completamente fuera de contexto, por lo que se requiere una actualización a fondo no solo de esos artículos sino de la ley en general, siendo el recurso hídrico un recurso tan importante el que está en juego.

5.2.2. Proyecto de ley del recurso hídrico N ° 14.585

Para el año 2005 existe un proyecto de Ley del Recurso Hídrico que pretende actualizar la ley de aguas según el expediente N°14.585 de la Asamblea Legislativa. Algunos de los decretos en este proyecto se observan en el cuadro 14.

Cuadro 14

Disposiciones en el actual proyecto de Ley del Recurso Hídrico de Costa Rica, en cuanto a las zonas de protección de los ríos y sanciones por incumplimiento de los lineamientos.

Artículo (N °)	Disposiciones
123 (c)	El área de protección de los ríos queda igual a la estipulada en la ley forestal 7575.
167 (d)	Se considera una infracción grave: realizar actividades dentro de las zonas de protección cuando pudieren constituir un peligro de contaminación o degradación del recurso hídrico. La cual se sancionará con una multa de 10 salarios base.

Este proyecto de ley mantiene el área de protección de los ríos igual al que se presenta en la Ley Forestal, con las implicaciones mencionadas anteriormente. En el capítulo IV, artículo 167 (d) de sanciones, por lo menos estas son mucho más drásticas que las de la ley actual, pues dispone multas de 10 salarios base.

Aunque en la cuenca del río La Estrella no se tiene un estudio detallado de todas las áreas de protección, sí se pueden mencionar algunos ejemplos en la cuenca en donde ésta no se respeta.

Por ejemplo, en la reserva indígena el área de protección se ve afectada debido a los caminos de tierra que van a la orilla del río La Estrella, ya que el río sirve como guía para desplazarse de un lugar a otro. También en algunos casos por existencia de agricultura de subsistencia y en menor grado por existencia de casas. En las partes bajas tanto la agricultura (banano) como el pasto para ganadería invaden en mayor escala el área de protección, así como las

casas y caminos de lastre y asfalto, algunos de estos ejemplos se pueden observar en la Fig. 34, con fines ilustrativos.

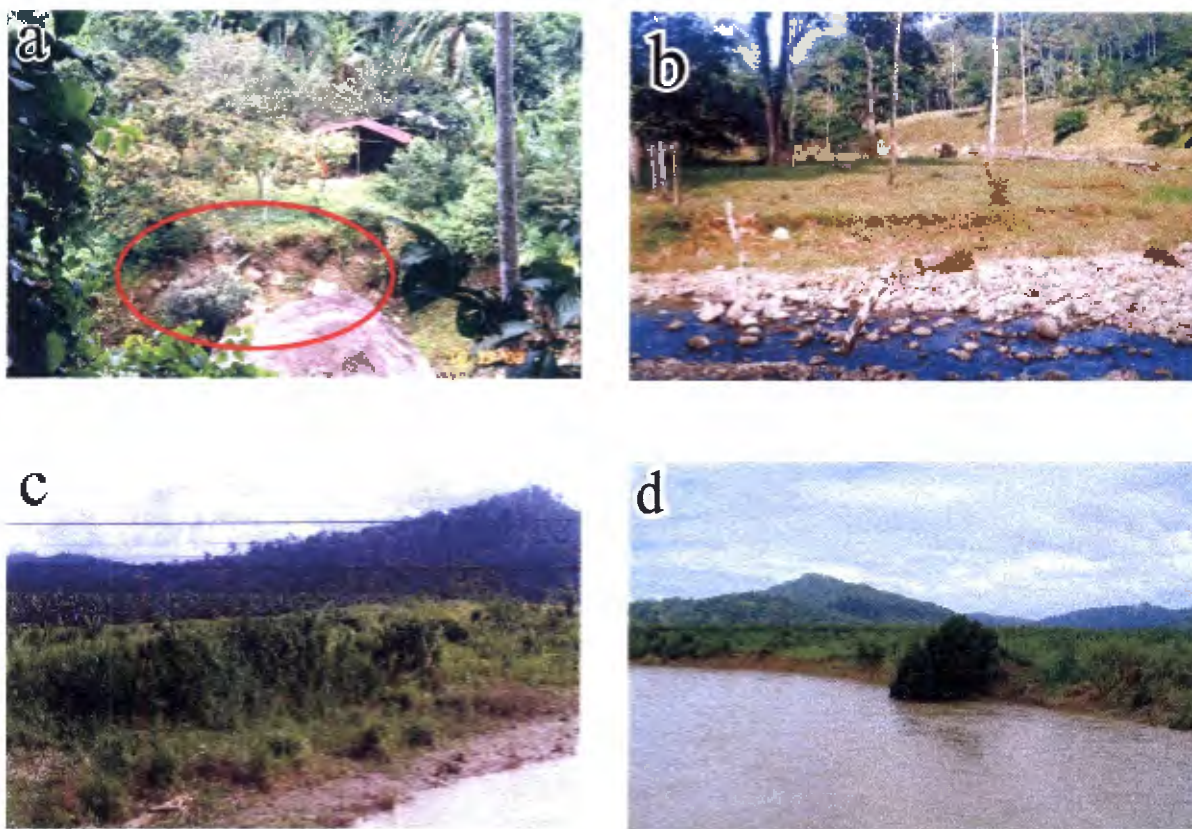


Fig. 34. Área de protección alterada en la reserva indígena con la consecuencia de deslizamiento de terreno (a). Eliminación del bosque ribereño sustituida por pasto para ganadería en la comunidad de San Rafael, cerca del río Niñey (b). Pasto y banano en lugar de bosque ribereño (c). El único árbol fue derribado por el flujo de agua del río La Estrella en Finca 12, al fondo la plantación bananera (d).

5.2.3 Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)

Según el acuerdo tercero, celebrado entre FONAFIFO y MINAE en sesión ordinaria el 14 de enero del 2004, FONAFIFO tiene como objetivo primordial establecer mecanismos de fomento a pequeños y medianos productores forestales, entre ellos el pago de servicios ambientales (PSA) que generan los bosques y las plantaciones forestales en sus diversas modalidades (Gaceta 61 del 2003). Por lo tanto, la Junta Directiva de FONAFIFO ha emitido un manual de procedimientos para el pago de servicios ambientales en donde se dan los criterios para la elección de áreas prioritarias para el PSA en las modalidades de protección de bosque, reforestación y sistemas agroforestales.

a. Pago por servicios ambientales

En la Fig. 35, en el mapa de áreas prioritarias para protección de bosque, se observa en verde el área que es prioridad para protección de bosque y en morado el área prioritaria en reforestación. Es importante destacar que las reservas indígenas cuentan con el PSA. Entre los lineamientos de FONAFIFO está la protección de los bosques que protegen fuentes de agua en general y en especial aquellas requeridas para consumo humano, sin embargo no se encontró ningún incentivo para la protección del bosque ribereño en la cuenca. También entre los lineamientos para otorgar el PSA en reforestación se indica que se dará prioridad a los proyectos establecidos en áreas de protección de los ríos considerando prioritario todo el país.

De acuerdo al mapa de prioridades en reforestación (morado), algunas zonas que se incentivarían, tiene actualmente cultivos permanentes (banano), es decir, que se estaría otorgando un incentivo (dinero) a las compañías bananeras por reforestar.

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica.

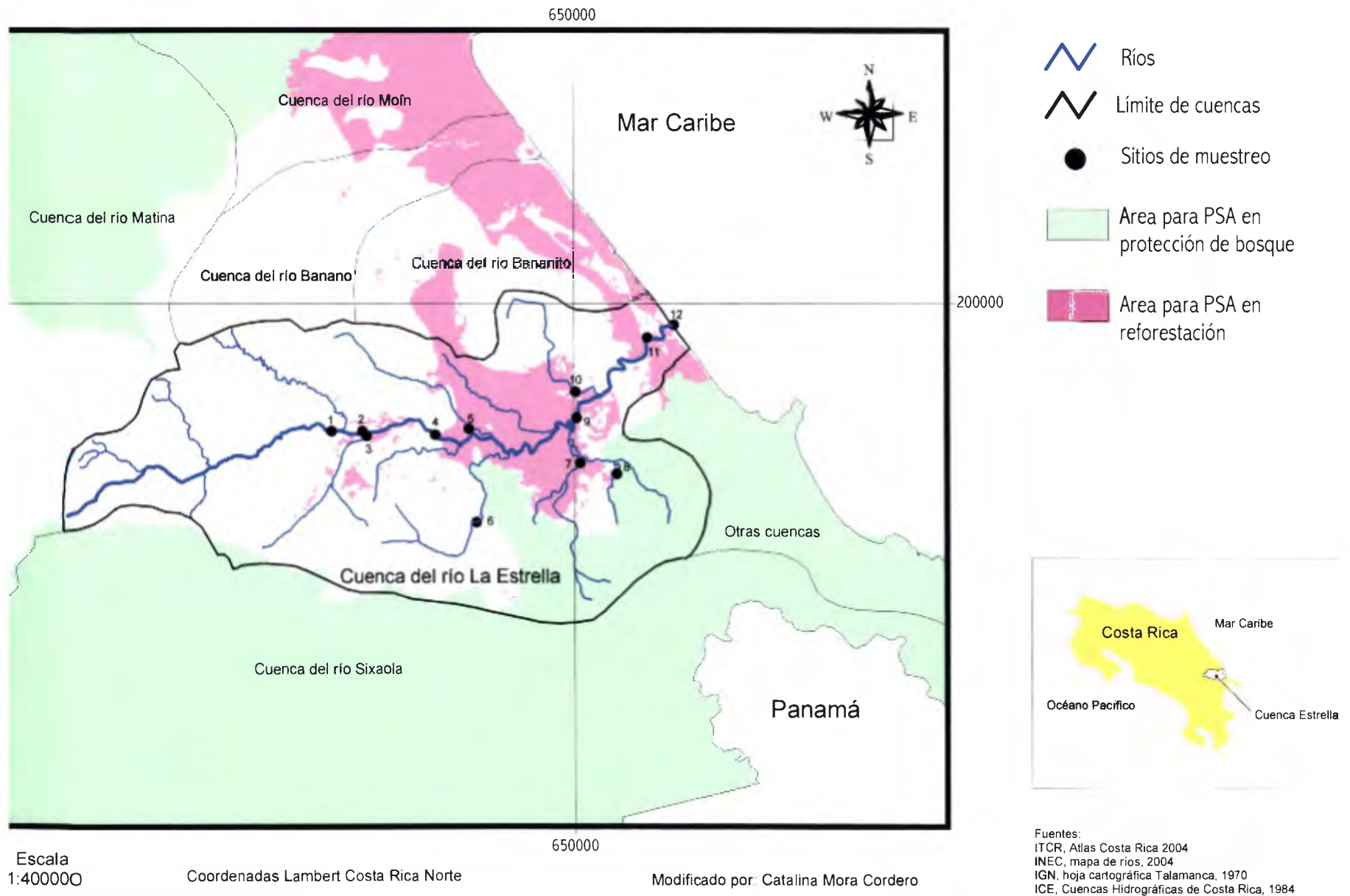


Fig. 35. Mapa de áreas prioritarias en reforestación y protección de bosque (FONAFIFO, 2004).

b. Certificados de servicios ambientales (CSA)

Esta es una nueva modalidad implantada por FONAFIFO, con el fin de buscar nuevas opciones en la conservación de bosques. Consiste en la captación de fondos de empresas privadas e instituciones que se benefician de los servicios ambientales que provee el bosque para retribuir a los propietarios de los bosques por conservarlos. Las empresas que opten por el CSA tienen la posibilidad de utilizar la imagen del CSA en el mercadeo como compañías que promueven la conservación, es deducible de la renta bruta como un gasto y permite que el inversionista coloque su dinero en la zona de la cual recibe los servicios ambientales. Este es el certificado que se debería incentivar en las compañías bananeras.

5.2.4 Programa bandera azul ecológica

El Programa Bandera Azul Ecológica impulsado por Acueductos y Alcantarillados (AyA), MINAE, ICT, Ministerio de Salud y la Cámara Nacional de Turismo (CANATUR), es el reconocimiento anual a empresas privadas, o instituciones públicas, cuyas acciones beneficien al ambiente. Mediante la entrega de la Bandera Azul se incentiva a las comunidades a mantener un entorno equilibrado, promoviendo programas de saneamiento básico y atención integral de la salud y desarrollando programas de educación ambiental. Para las comunidades requiere de organización pues se debe formar una asociación responsable del desarrollo del programa en la comunidad y deben aplicarlo de forma voluntaria y finalizar de manera satisfactoria el proceso de evaluación. En este año (2005) las escuelas que pertenecen a la cuenca del río La Estrella han tomado la iniciativa de participar en el proceso, comenzando con los trámites ante AyA para colocar el acueducto de agua potable en las escuelas. Además se determinó el interés por conocer más acerca del programa por parte de vecinos que desconocen de que se trata.

5.3 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

5.3.1 Crecimiento de la población y asentamientos humanos.

Para el año 2000 la población de la cuenca del río La Estrella aumentó en un 32,5 % en relación con el último censo en 1984 (cuadro 15). Para ese año el censo reportó solo la población total sin hacer diferencia entre los indígenas y demás pobladores de la cuenca. Mientras que la población tuvo ese incremento, los hogares aumentaron un 52% de 1984 al año 2000 (cuadro16).

Cuadro 15

Crecimiento de la población periodo 1984-2000. Fuente: CCP (2004) e INEC (2000).

Lugar	Año	
	1984	2000
Reserva Indígena	-	1817
Valle de La Estrella	8560	10861
Total	8560	12678

Cuadro 16

Incremento de los hogares periodo 1973-2000. Fuente: CCP (2004) e INEC (2000).

Lugar	Año		
	1973	1984	2000
Valle de La Estrella	1452	2073	4346
Total	1452	2073	4346

Este aumento de la población se ve reflejado en la Fig. 36, donde se observa el incremento de habitantes hacia la parte media de la cuenca y la zona costera.

**Cuenca del río La Estrella, Costa Rica.
Aumento de la densidad poblacional**

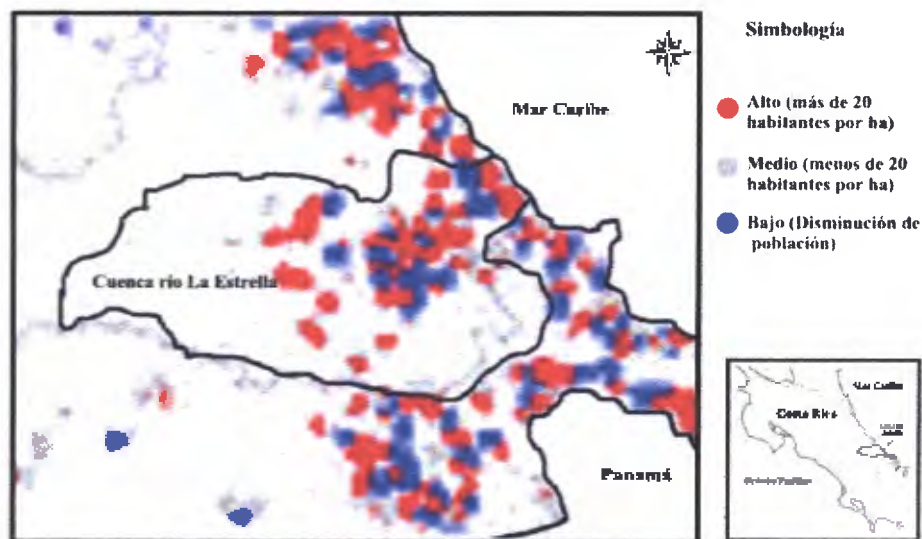


Fig. 36. Aumento de la densidad poblacional. Fuente: Infocensos, CCP. 2003.

En general la cuenca del río La Estrella sigue considerándose de carácter rural. Sólo en algunas comunidades como La Guaria y cercanías de Pandora se considera urbano (Fig. 37). Esto puede influir en el área de protección de los ríos pues pasa de 15 metros de la zona rural a 10m en la zona urbana.

**Cuenca del río La Estrella, Costa Rica.
Relación Urbano-Rural**

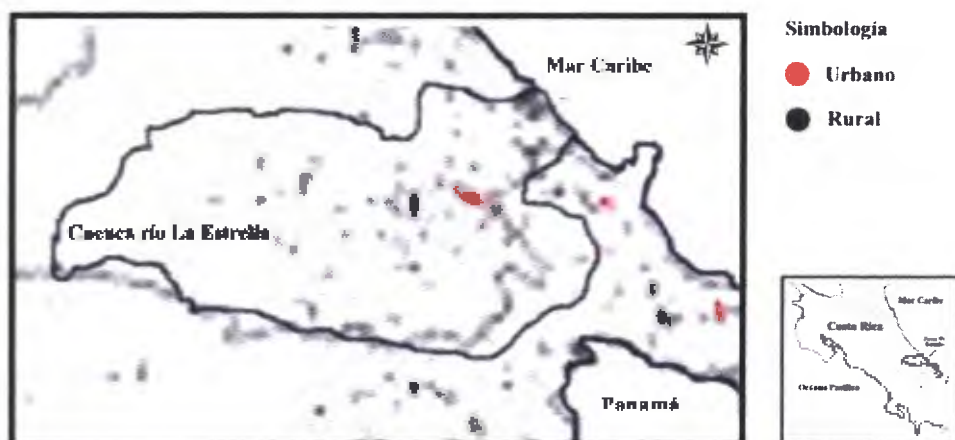


Fig. 37. Relación urbano –rural en la cuenca del río La Estrella. Fuente: Infocensos, CCP. 2003.

5.3.2 Percepción de las comunidades del Valle de la Estrella acerca de la contaminación y deforestación.

A continuación se presentan algunos datos recopilados del censo nacional del año 2000 (INEC), sobre aspectos socioeconómicos de la zona y luego los resultados del sondeo realizado mediante encuestas en el Valle de la Estrella.

5.3.2.1. Situación socioeconómica

De acuerdo con el censo 2000 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) el nivel de alfabetización en el Valle de la Estrella es alto, con un 83,55% de la población. De ese mismo censo se desprende como indicador que 53,2% asiste a la educación regular. El mayor porcentaje 61,6% tiene solo primaria seguido por un 22,08% con ningún nivel de instrucción, 11,1% con secundaria ya sea a nivel técnico o académico y solo un 1,75% tiene un nivel parauniversitario o universitario (INEC 2000). Además se determinó que 59% de la población del Valle de La Estrella se dedica a trabajos no calificados, probablemente debido a la presencia de la actividad bananera, seguido por el comercio y la actividad ganadera (INEC 2000).

5.3.2.2. Resultados de las encuestas.

A. Aspecto socioeconómico

El 53% de los entrevistados fueron mujeres y el 47% hombres. El 63% fueron adultos de 21 años o más, el 30% fueron jóvenes de 13 a 20 años y 7% niños de 7 a 12 años. De los entrevistados 19% fueron de escuela y colegio, 17% se dedica al comercio, 28% fueron estudiantes, 13 % fueron amas de casa y 23% restante se dedica a actividades varias como agricultura, ganadería, construcción y otros (Fig. 38a); sin embargo, al preguntar cual es la principal actividad económica de la comunidad, 53% respondió que la actividad bananera, seguido por la ganadería con un 17% (Fig. 38b).

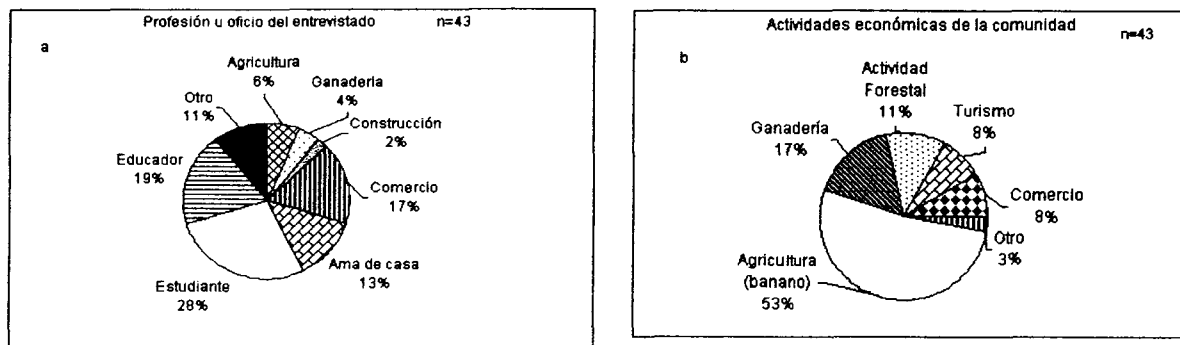


Fig.38. Profesión u oficio (a) y principales actividades económicas de la comunidad (b)

b. Aspecto ambiental

En general, la contaminación fue percibida por las personas como aquello que daña, trastorna o ensucia el medio ambiente, afectando la salud de los seres vivos. Un 88 % de las personas consideró que sí existe contaminación en la comunidad, principalmente por desechos sólidos (39%), seguido por plaguicidas (24%) y luego por aguas servidas y jabonosas (13%) (Fig. 39). En general el problema de los desechos sólidos se da porque no existe un sistema de recolección en el Valle de La Estrella por parte de la Municipalidad de Limón, por lo que la opción de las personas es quemar la basura o botarla al río.

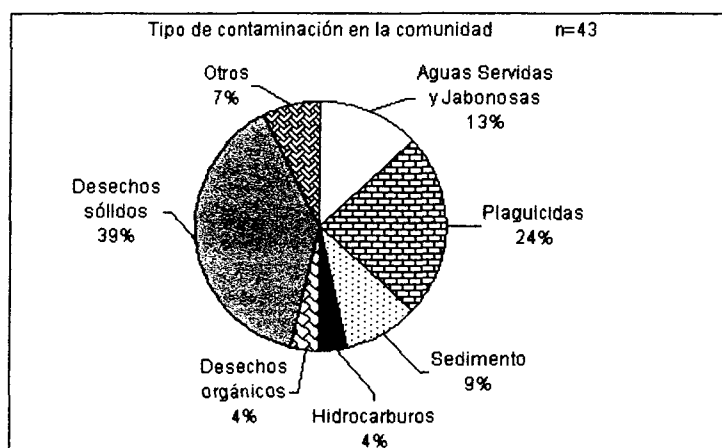


Fig. 39. Contaminación en la comunidad.

La contaminación de los ríos fue apreciada de manera muy parecida a la anterior pues 86% opinó que los ríos sí están contaminados. En la Fig. 40b se observa que la contaminación se debe principalmente a los desechos sólidos (32%), debido al problema mencionado

anteriormente. Le siguen los plaguicidas (28%) y las aguas servidas (23%). El problema de los plaguicidas se debe, según los habitantes de la comunidad, tanto a la empresa bananera y a los particulares que aplican plaguicidas, estos últimos, con el fin de sacar camarón. Solo 10% mencionó los sedimentos como contaminación del río y que se relaciona con las “llenas”, alta precipitación y desbordamiento del río La Estrella.

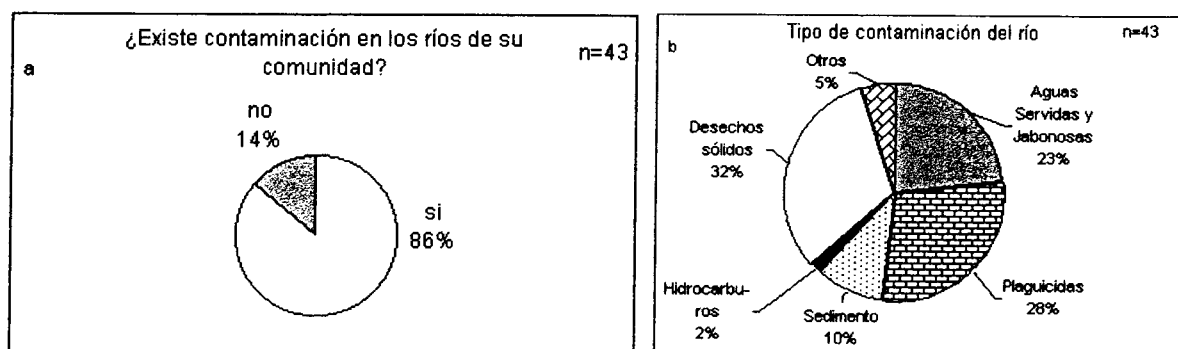


Fig.40. Percepción sobre la contaminación de los ríos

A la pregunta de si la contaminación de los ríos afecta o no la zona costera 30% no supo contestar u opinó que no la afecta, mientras que 70% dijo que si la afecta de manera negativa por diferentes razones (Fig. 41a). Si solo se toma en cuenta a los estudiantes 23% tiene la apreciación de que no se ve afectada, mientras que 77% si consideró que la afecta negativamente (Fig. 41b). En los casos en que se manifestó que la contaminación de los ríos no afectaba la zona costera se consideraron tres factores: que ningún río llega al mar, que la sal del mar elimina todo lo malo que pueda llegar a él y que el mar es limpio pues saca toda la basura que le llega. Entre los efectos negativos que causa la contaminación en la zona costera se mencionaron las enfermedades en peces, personas y las playas sucias.

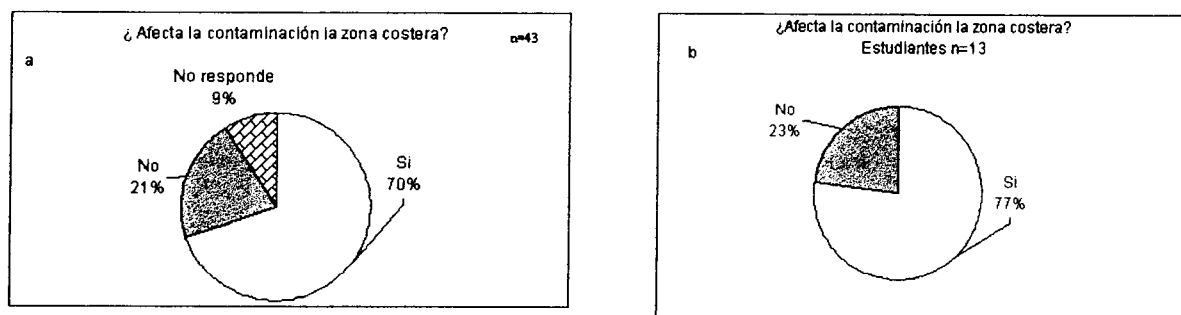


Fig. 41. Percepción sobre la contaminación en la zona costera (a) general y (b) solo estudiantes.

Sobre las preguntas relacionadas con el Parque Nacional Cahuita se obtuvo que un 35% no lo conoce. Al analizar solo las respuestas de los estudiantes se obtuvo que un 62% no lo conoce, a pesar de que se encuentra solo a unos 22 km de la comunidad (Fig. 42.)

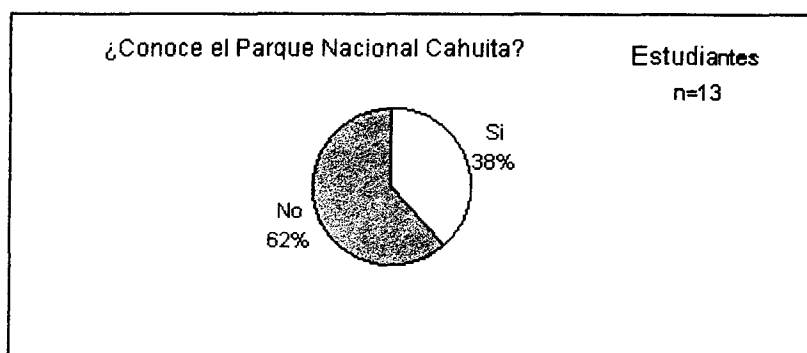


Fig. 42. Conocimiento del Parque Nacional Cahuita por parte de estudiantes.

Acerca del conocimiento sobre los arrecifes de coral (Fig. 43a) un 47% no los conoce. A los que lo conocen se les preguntó qué es un arrecife de coral y se obtuvo que 42% no respondió a la pregunta, 10% no sabe, 19% considera que son piedras y solo un 5% (que corresponde a profesores de colegio) dijo que son formaciones sólidas de un ser vivo llamado pólipos, (Fig. 43b). Llamó la atención un alto porcentaje que no respondió a la pregunta por lo que se asume desconocimiento, además de que algunos lo consideran piedras.

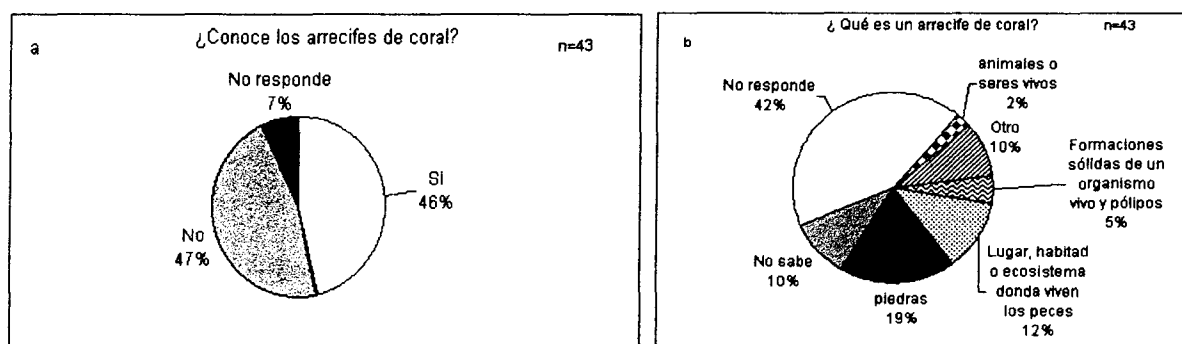


Fig. 43. Conocimiento sobre los arrecifes de coral, (a) conoce los arrecifes de coral, (b) que son los arrecifes de coral.

Para el caso de los estudiantes, 62% no conoce los arrecifes de coral, 54% no supo responder qué son los arrecifes de coral, mientras que el 15% opina que son piedras (Fig. 44ab.)

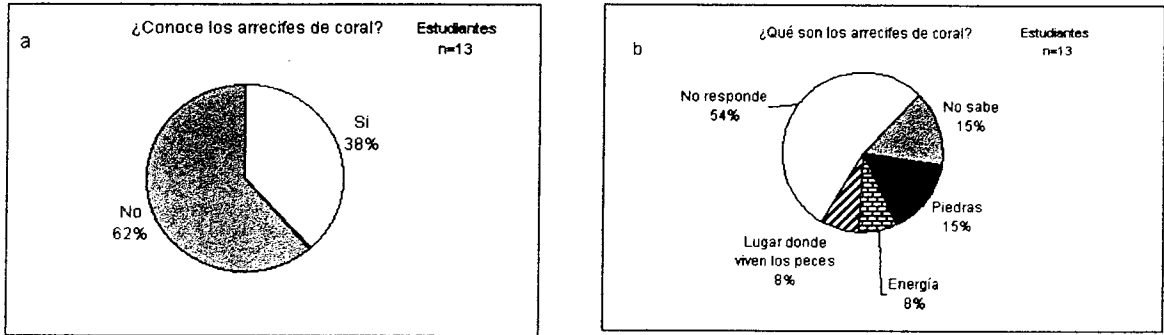


Fig. 44. Respuesta de los estudiantes sobre los arrecifes de coral.

c. Aspecto Forestal

La deforestación se definió como la corta de árboles con o sin permiso que afecta el medio ambiente y al ser humano. El 77% opinó que sí existe deforestación y se mencionan algunos lugares de donde proviene la madera. Un poco más de la mitad (54%) consideró que se debe principalmente al “maderero”, es decir, a la propia actividad forestal (Fig. 45b).

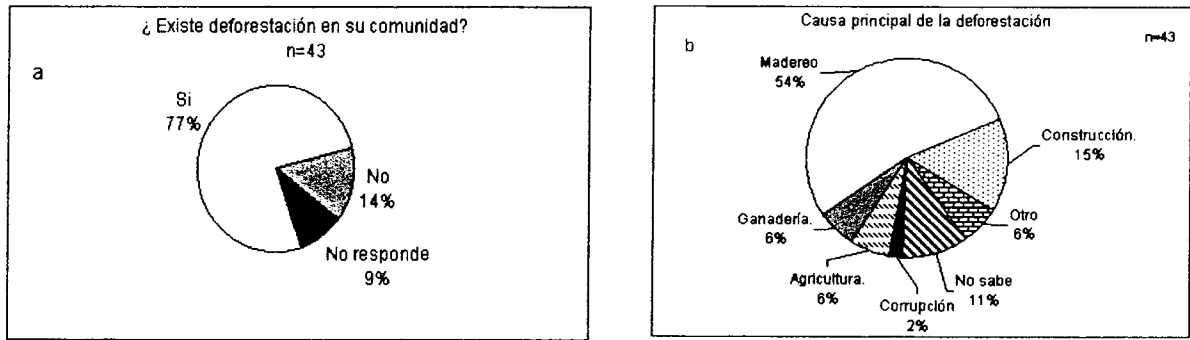


Fig. 45. Percepción acerca de la deforestación.

El 47% conoce casos de reforestación con especies como Teca (*Tectona grandis*), Melina (*Gmelina arborea*) y Laurel (*Cordia alliodora*). Se encontró desconocimiento sobre el pago por servicios ambientales (PSA). Tomando solo las respuestas de los adultos, únicamente 7% conoce o ha oído hablar del PSA (Fig.46). Se puede inferir que éste no ha sido difundido o

incentivado en esta zona, pues las personas tienen desconocimiento acerca de qué es. Algunas personas se sintieron interesados cuando se les explicó de que se trata y solicitaron mayor información.

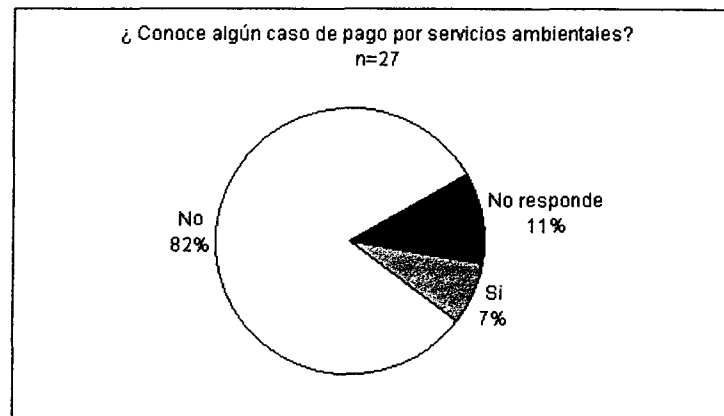


Fig. 46. Conocimiento del Pago de Servicios Ambientales (PSA).

6. DISCUSIÓN

Aspecto ambiental

El aumento progresivo de la conductividad desde las partes más altas de la cuenca hasta la desembocadura del río La Estrella concuerda con lo mencionado por Roldán (1992). Este indica como característica general de los ríos una baja conductividad en sus nacientes y un incremento a medida que llega a los valles por efecto de la erosión, arrastre de sedimentos y escorrentía provocada por la lluvia, aumentado debido a la actividad agrícola y contaminación de origen doméstico. En el caso de los tributarios Cuen y Suruy estos presentan una conductividad muy alta en relación con Hitoy Cerere e incluso con Bajo Cuen y Vesta del cauce principal, la composición geológica no parece ser la causante de ese incremento en estos casos en particular. La causa puede ser de origen humano, pues existen poblados cercanos a esos dos ríos, que puede elevar la cantidad de los sólidos disueltos debido a efluentes de aguas servidas. En general la conductividad en los ríos de la cuenca presentan valores más altos que los reportados como normales para Roldán (1992), sin embargo, esto se debe a que los sólidos disueltos aumentan en aguas que corren por áreas de rocas sedimentarias por la presencia de carbonatos, cloruros y calcio (OMS, 1987), como es el caso de los ríos de la cuenca. Comparando la conductividad obtenida en años anteriores por el ICE (1975-1985) en Pandora, con la obtenida en este trabajo, se puede decir que ésta se ha acrecentado con el paso del tiempo, pues el ICE reportó como promedio $171.41 \mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que para este período (2003-2004) la conductividad promedio es de $225.47 \mu\text{S}/\text{cm}$. De acuerdo con Pérez (2004) una conductividad de $250 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicaría agua no contaminada mientras que un valor crítico es $750 \mu\text{S}/\text{cm}$, establecido como límite máximo para el desarrollo de peces, en este caso ningún sitio de muestreo llega al valor crítico, pero los sitios Pandora, Bonifacio, Desembocadura y Suruy sobrepasan el valor de agua no contaminada.

En general la turbidez promedio en el cauce principal fue muy parecida (para una misma fecha) en todos los sitios de muestro y la variabilidad se presentó más bien entre épocas de alta y baja precipitación. Los resultados de turbidez señalaron que solo Hitoy Cerere, obtuvo valores por debajo de los 55JTU prácticamente en todos los muestreos, lo que indica que se

encuentra entre los rangos recomendados para la buena calidad del agua de los ríos (Naiman & Bilby 1998). El tributario Suruy es el que tuvo la mayor turbidez en todos los muestreos llegando a valores tan altos como 323 JTU. Esto estuvo correlacionado con un mayor arrastre de sólidos en suspensión.

Los tributarios Hitoy Cerere, Bitey y Cuen presentaron baja concentración de sólidos suspendidos (menor a 20 mg/l) que sugieren poco disturbio del bosque (Roldan 1992), no sucede lo mismo con Suruy, Duruy y Niñey donde las concentraciones fueron mayores. Para el caso del río La Estrella la concentración de sedimento indicó una alteración del bosque en todos los sitios. Se determinó que existe diferencia estacional, donde Vesta presentó la menor concentración con $2,75 \pm 0,63$ mg/l y la mayor corresponde a la Desembocadura con $33,1 \pm 9,3$ mg/l, en época seca.

Los caudales determinados en el trabajo presentaron ciertas diferencias con los reportados por el ICE (2003-2004); sin embargo, esta diferencia no fue muy grande, lo que significa que la metodología utilizada en este trabajo fue satisfactoria, sobre todo cuando los caudales son bajos. Por lo que se puede inferir que los caudales determinados en los tributarios están dentro de parámetros aceptables.

El análisis de varianza indicó que existe diferencia significativa en la descarga de sedimento entre Vesta y los otros dos sitios Bonifacio y Pandora, siendo Bonifacio el que presentó las mayores descargas, independientemente de la precipitación. Analizando las diferencias entre sitios, los posibles factores o variables que influyen en un menor aporte de sedimento en Vesta fue la altitud, que está asociado a un mayor porcentaje de cobertura boscosa y de área protegida. El área protegida en Vesta fue de 100% mientras que en Bonifacio fue de 62.10%, la cobertura de bosque fue de 92.7% en Vesta mientras que en Bonifacio fue menor con 76.50%. Además el uso del suelo en ambos sitios es diferente, en Bonifacio existen plantaciones bananeras y ganadería que no existen en Vesta, o al menos no de manera intensiva y extensiva, es la misma situación que se presenta en Pandora. La mayor longitud del río y mayor precipitación están asociadas a mayor descarga de sedimento.

Al analizar las diferencias entre los tributarios, tres de ellos tienen una diferencia significativa en el aporte de sedimentos con relación al río Hitoy Cerere. El río Suruy presenta la mayor descarga de sedimento de todos ellos. Posiblemente esta diferencia se deba a la mayor precipitación presente en esa sub-cuenca, asociado a un menor porcentaje de área protegida y menor porcentaje de bosque, así como al sobre-uso en zonas de área protegida. El tributario Duruy también posee mayor descarga de sedimento que Hitoy Cerere y las variables asociadas que podrían influir en esa mayor descarga son el menor porcentaje de bosque y de área protegida, además de estar dentro de una plantación bananera y tener un mayor porcentaje de suelo sobre-utilizado. En el caso del tributario Niñey no resulta sencillo determinar cuáles variables podrían estar asociadas como posibles factores de erosión. Puede ser que el no estar dentro de un área protegida influye en un mayor aporte de sedimento y por tener en su sub-cuenca algunas áreas con uso incorrecto del suelo. Otro caso parecido al anterior donde es difícil relacionar las variables es con el tributario Bitey, que presenta en promedio la menor descarga de todos los tributarios, esto pudiera estar asociado a una menor precipitación, ya que presenta la menor precipitación promedio anual de toda la cuenca.

Los cambios de uso del suelo encontrados, indican alteraciones tanto en la cuenca en general como en las sub-cuencas de los tributarios Suruy, Duruy, Niñey y también en el Bitey pero en menor porcentaje. Para la sub-cuenca del río Hitoy Cerere el uso es el adecuado. Lo más relevante en el caso de los tributarios es el del río Suruy que tiene mayor conductividad, mayor turbidez, mayor concentración de sólidos suspendidos y mayor descarga de sedimento promedio. El sobre-uso en esta zona puede influir positivamente en el aumento de sedimentos, ya que se está alterando una zona muy susceptible que es de protección. En el caso del río Duruy que es la segunda que presenta mayor descarga de sedimento es la que presenta una mayor área de suelo sobre-utilizado en comparación con las otras. La sub-cuenca del río Niñey tiene ganadería en lugar de manejo de bosque natural o regeneración, la ganadería genera compactación del suelo aumentando la escorrentía superficial. Por último aunque el Bitey tiene cierto porcentaje de suelo sobre-utilizado por pasto en lugar de manejo de bosque, este río no presentó valores muy altos de ningún parámetro medido, pero se puede asociar la baja precipitación promedio anual, que es la más baja de la cuenca. En general el uso inadecuado del suelo se relaciona con la descarga de sedimento, siendo en algunos casos más determinante en sitios con características restrictivas como es el caso del río Suruy.

Aspecto Socioeconómico

Lo más relevante de las encuestas fue el desconocimiento del ecosistema coralino en general. Un 35% de los encuestados no conoce el Parque Nacional Cahuita y de los estudiantes el porcentaje es alto: 62%. Algunas de las comunidades de donde proviene las personas a las que se les aplicó la encuesta, como La Guaria, Pandora, La Colonia, Finca 8, La Plástica y Penshur, se encuentran localizadas aproximadamente a 22 km del Parque Nacional Cahuita. Las instituciones educativas deben aprovechar la cercanía del parque y realizar trabajos de educación en este sentido. Si bien es cierto esto representa un gasto económico, se debería coordinar con otras instituciones públicas con el fin de procurar fondos o ayuda para eso: el comité de co-manejo del parque, integrado por personal que conoce muy bien el arrecife coralino, en coordinación con el Área de Conservación Amistad Caribe y hasta la empresa privada, la cual se beneficia del turismo atraído por el parque. Además, el Colegio Técnico Profesional del Valle de la Estrella cuenta con un profesional en biología, conocedor del ecosistema y el apoyo del personal del CIMAR sería muy valioso. Es importante que la educación en materia ambiental se de en primaria pues como lo refleja el censo 2000 (INEC) el 61.6 % de los pobladores de la cuenca tienen solo primaria como nivel educativo. La educación ambiental en el caso de los adultos es muy importante y una manera de realizarla es mediante el incentivo, por ejemplo mediante programas como el Pago por Servicios Ambientales.

De las encuestas también se desprende que las personas perciben contaminación en su comunidad y en los ríos y saben de los problemas que esta genera, así como los problemas que tiene la deforestación. Los desechos sólidos son un problema en el Valle de La Estrella, la dependencia de las comunidades con respecto a las instituciones del estado es clara, si la municipalidad no elimina la basura lo más sencillo es quemarla o botarla en el río. El uso de plaguicidas es otro problema del que se tiene conocimiento y a pesar de que muchos opinan que la compañía bananera ha mejorado en otros aspectos este sigue estando presente en la cuenca. Al ser la actividad bananera la principal actividad económica en la cuenca, esto genera una externalidad. Es decir, la producción bananera con el uso de plaguicidas afecta a terceras personas y estas no pueden hacer nada al respecto, lo que puede hacer que un bien público puro, como es el agua, se contamine.

En el aspecto forestal, puede ocurrir que parte de lo que la población percibe como deforestación, sean permisos para programas de manejo de bosque natural. Como la cuenca es en gran medida de aptitud forestal, es lógico que existan estos permisos. En todo caso, la corta de árboles es percibida también como algo que ocurre de manera ilegal. El pago de servicios ambientales no es conocido en la zona, debido tal vez a las políticas sobre áreas prioritarias del FONAFIFO para el PSA. Sin embargo se mostró interés por parte de los pobladores por conocer más sobre el PSA y aplicarlo si fuera el caso. Otro aspecto importante es que cuando se les preguntó especies aptas para reforestar la gran mayoría contestó que principalmente con especies nativas además se mencionaron la Teca y Melina.

El programa Bandera Azul Ecológica, que está siendo incentivado en las escuelas a partir de enero de este año (2005), es una gran iniciativa por parte de estas instituciones la cual genera muchas posibilidades de extenderlo a las comunidades en general. A pesar de que el turismo no es por ahora una actividad económica a gran escala en la cuenca, sí existen iniciativas en ese sentido. Se puede mencionar el caso de una persona que ha comenzado a reforestar su finca con especies nativas tanto maderables como frutales, con el fin de atraer turistas a ella, además posee en su finca bosque natural el cual quiere conservar para el mismo fin. Lo rescatable es que se sintió interesado por el programa, además de ser un ejemplo como él mismo lo dice, para otros dueños de fincas que por ahora no quieren arriesgarse en ese tipo de inversión. Es recomendable que desde el inicio y como ejemplo contara con la guía del programa. El problema radica en que el programa por ser para comunidades turísticas, no es aplicable a un solo inversionista. Para contar con el apoyo del programa debe formarse una asociación y por ahora según se determinó de las encuestas el turismo no es una actividad económica en el Valle de La Estrella, y no porque no posea bellezas naturales sino por una cultura económica diferente.

Aspecto legal

En el aspecto legal el incumplimiento de las normas para la protección ambiental quedó en evidencia, no solo de la ley forestal, donde la ausencia del área de protección de los ríos es notable, sino también el incumplimiento de la ley de agua potable. Las zonas ribereñas deforestadas no están siendo regeneradas, como lo indica la actual legislación.

En algunos casos el desconocimiento de la ley y el poco control, generan que esta no se cumpla. La educación en este sentido se hace notar ya que en algunos casos se notó el desconocimiento de las leyes y de la importancia de mantener las zonas ribereñas inalteradas.

Si bien es necesaria una actualización de la ley de aguas, las leyes se vuelven inoperantes si no existe un adecuado control de su cumplimiento, en este caso el MINAE en coordinación con el área de conservación deben asegurar un mayor y mejor control del cumplimiento de la legislación. Una nueva legislación debería contemplar los aspectos naturales y las relaciones entre sí de los componentes de una cuenca hidrográfica, como ecosistema. Las decisiones sobre una nueva legislación del recurso hídrico deberían estar basadas en investigaciones de entes públicos, como son las universidades.

7.CONCLUSIONES

- Globalmente, se encontraron asociaciones de mayor cantidad de sedimento con mayor longitud del río y mayor precipitación y menor cantidad de sedimentos con mayor altitud la cual a su vez esta moderadamente relacionada con mayor porcentaje de bosque y mayor porcentaje de área protegida.
- En el cauce principal, la región de Vesta (mayor altitud, mayor porcentaje de bosque y mayor porcentaje de área protegida) presentó las menores descargas de sedimento. Mientras que Bonifacio y Pandora (tierras bajas, mayor intensidad uso del suelo), presentaron las mayores descargas. En los tributarios Hitoy Cerere y Bitey tienen las menores descargas mientras que el Suruy presenta las mayores.
- La sub-cuenca del río Suruy (sitio 5) es muy susceptible a la erosión y arrastre de sólidos suspendidos. Este tributario presentó los mayores valores de todos los parámetros medidos. Existe sobre-uso en zonas que deben ser de protección y manejo de bosque natural.
- En la cuenca del río La Estrella un 11% de los suelos, es decir, 81.87 km² se encuentran sobre-utilizados, debido a cultivos permanentes (banano) y ganadería.
- La Ley de Aguas N° 276, del 27 de agosto de 1942 es insuficiente para el manejo del recurso hídrico pues la existencia de decretos y leyes no se adaptan a la situación actual del país.
- Aunque existe legislación sobre el uso del agua y sobre las áreas de protección de los ríos no existe una política orientada a la aplicación de las leyes. Existe una falta de control y un escaso seguimiento de los reglamentos establecidos, por parte del MINAE.

- Las empresas, como la Standar Fruit Company deben actuar responsablemente y como lo indica la presente ley y deben reponer el bosque ribereño que está ausente en sus propiedades.
- De acuerdo con el análisis realizado de FONAFIFO, existen áreas de la cuenca que no son prioritarias para el PSA. Sin embargo dentro de sus lineamientos se dice que las áreas de bosque que tengan como función la protección de las fuentes de agua en general son prioridad. En este caso todas las zonas ribereñas deben incluirse en el PSA, independientemente de su ubicación geográfica.
- Existe desconocimiento en cuanto al Pago por Servicios Ambientales, sin embargo, al explicarse en que consiste el PSA, a las personas encuestadas, se reflejó interés por conocer más y hasta aplicarlo si fuera el caso.
- La prioridad en reforestación recomendada por FONAFIFO en sitios ubicados en las partes altas de la cuenca, son acertadas. Por el contrario la prioridad de incentivar la reforestación en sitios que actualmente pertenecen a la compañía bananera no es compatible con los objetivos primordiales de FONAFIFO de incentivar a la pequeña y mediana empresa.
- Es necesario el desarrollo de campañas educativas y concientización de la sociedad en general sobre la importancia de la protección de las fuentes de agua y de la importancia del bosque ribereño.
- El Valle de La Estrella cuenta con un sistema de educación primaria y secundaria que se puede aprovechar para realizar programas educativos en materia ambiental, en conjunta colaboración con el personal del Parque Nacional Cahuita, MINAE, el área de conservación y empresa privada.
- En general la población entrevistada percibe deforestación debido al “madereo” y la contaminación principalmente por desechos sólidos, plaguicidas y aguas servidas y jabonosas.

- De las encuestas se desprende que existe desconocimiento del ecosistema coralino en general.
- El aumento de la población hacia las partes altas de la cuenca del río La Estrella implica un mayor disturbio del bosque, debido al desarrollo de infraestructura.
- El hecho de que Pandora (sitio 9) y sitios cercanos pasen de la categoría rural a urbano genera que el área de protección disminuya, lo cual afecta de manera negativa los ríos que se encuentran en esas zonas, pues se disminuye el bosque ribereño.

8. RECOMENDACIONES

Cualquier iniciativa que se quiera realizar debe tener como unidad base las sub-cuencas, dentro del gran ecosistema cuenca.

- Se recomienda que el MINAE en conjunto con el Área de conservación corroboren las zonas de suelo sobre-utilizado y tomen las medidas necesarias para que el uso del suelo sea el adecuado. Se debe dar prioridad la sub-cuenca del los río Suruy y a las zonas ubicadas en Alto y Bajo Cuen. Se debe vigilar para evitar el cambio de uso en las áreas de clase VIII (parte alta de la cuenca).
- Se sugiere que FONAFIFO dé prioridad en reforestación o regeneración natural a sitios ubicados en la sub-cuenca del río Suruy. Además que dé prioridad en reforestación y protección de bosques ubicados en la zonas ribereñas. También se sugiere el incentivo del Certificado de Servicios Ambientales en las Compañías Bananeras.
- El Ministerio de Educación en conjunto con el Colegio Técnico Profesional del Valle de la Estrella, las escuelas, con ayuda del comité de co-manejo del Parque Nacional Cahuita y en colaboración con el CIMAR, deben incluir programas de educación ambiental, desde una perspectiva integral, donde se incluya el ecosistema terrestre y acuático (ríos y mar) como una unidad total.
- Que la empresa bananera Standar Fuit Company y propietarios de fincas en general, se comprometan a regenerar el área de protección de los ríos que se encuentran dentro de sus propiedades, según la ley de aguas 276, que todavía está vigente.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, H. 2002. Ecosistemas de la cuenca hidrográfica del río Savegre Costa Rica. 1ed. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia. 350 p
- Amador, J., R. Chacón & O. Lizano G. 1994. Estudio de efectos geofísicos del terremoto de Limón mediante percepción remota y análisis hidrometeorológico. Rev. Geol. Amér. Cent. Vol. Especial: 153-170.
- Barragán, J. 1997. Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales: guía práctica para la planificación y gestión integradas. Barcelona, España. 159 p.
- Basso, E. 1969. Técnicas hidrológicas para medición de sedimentos. Naciones Unidas para el Desarrollo. San José, Costa Rica. 185 p.
- Bergoeing, JP. 1998. Geomorfología de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional, San José. 408 p.
- Brooks, K. 1991. Hidrology and the management of wathersheds. State University, Iowa.
- Bruce , R. 1985. Assessment of some soil erosion and management (December 1984, Los Baños, Philippines.) Proceedings. Ed. By Et Craswell. 49 p.
- Bruijnzeel, L. 2004. Los bosques tropicales y los servicios ambientales. Agriculture, ecosystems and environment. Vrije Iniversiteit Amsterdam. Facultad de Hidrología y Ciencias de la Vida y la Tierra. 45p.
- Carranza,C., B. Aylward, J. Echeverría, J. Tosi & R. Mejías. 1996. Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José. 77p.
- Carrillo, G. 1985. Algunas definiciones sobre términos fotogramétricos y cartográficos. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. Boletín técnico 131:125
- Centro Nacional de Tecnología (CENAT). 2003. Proyecto CARTA, 2003.
- Clark, J. 1998. Rehabilitation of coral reef habitats. Report of a Science Workshop held at St. John, USVI. University of Miami and US National Park Service. 16p.
- Clark, J. 1995. Coastal Zone Management: Handbook. United States. CRC press. 694 p.
- Clark, R. 2001. Marine Pollution. Oxford University Press. 236 p.
- CORBANA. 2005. www.corporaciónbananera.htm
- CORBANA. 2002. www.corporaciónbananera.htm

- Cortés, J. 1981. The Coral Reef at Cahuita, Costa Rica: A Reef Under Stress. Tesis de Maestría: McMaster University, Hamilton. 176 p.
- Cortés, J. & M.M. Kandler. 1990. Los corales como indicadores de problemas de sedimentación en arrecifes coralinos. *Sea Wind* 4(1): 20-25.
- Cortés, J. & M.J. Risk. 1984. El arrecife coralino del Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 109-121.
- Chow, VT. 1994. Hidráulica de canales abiertos. McGraw-Hill Interamericana. Bogotá. 67p.
- Chow, VT., D. Maidment & L. Mays. 1994. Hidrología aplicada. McGraw-Hill Interamericana. Bogotá. 583 p.
- De Vengoechea, F. 1966. Manual de fotointerpretación geomorfológica. Colombia. 131 p.
- Denyer, P. & S. Kussmaul. 2000. Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. 520 p.
- Denyer, P., S. Feoli, G. Murillo, C. Rodríguez. 1987. Cartografía geológica de un sector de los alrededores de la cuenca alta del río Niñey, Limón, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* 7: 113-141
- Dyer, K. 1986. Coastal and estuarine sediment dynamics. Wiley Interscience Chichester. 342p.
- Estado de la nación, 2003. [www. estadonación.org.cr/info2003/nación9](http://www.estadonacion.org.cr/info2003/nación9)
- Fallas, C. 2003. Mamita yunai. Editorial Costa Rica. San José, 211 p.
- FAO. 2001. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. *Boletín de tierras y aguas de la FAO* N°5. 210 p.
- FAO. 2000. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. *Boletín* N° 9. 210p
- FAO. 1990. La descentralización de los sistemas de planificación agropecuaria en América Latina. *Estudio FAO Desarrollo económico y social* N° 92. 68 p
- Feoli, S. 1987. Geología de la quebrada Kitadikur y alrededores del Valle de la Estrella, provincia de Limón, Costa Rica. Campaña geológica G-5216, Universidad de Costa Rica. 40p.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 2004. Manual de procedimientos para el Pago de Servicios Ambientales.
- Foster, A. 1967. Métodos aprobados de conservación de suelos. Centro regional de ayuda técnica. Editorial F. Trillas, México. 411 p.

- Fournier, L. 1985. Ecología y desarrollo en Costa Rica: antología. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José. 212 p.
- Fundación Neotrópica. 1995. Capacidad de uso de la tierra clases forestales. San José, Costa Rica. Hoja cartográfica Estrella, 3545-II.
- FUNDECOR, 2005. Mitos y realidades de la deforestación en Costa Rica. www.fundecor.org/noticias/mitos
- Golterman, H & R. Clymo. 1969. Métodos para análisis químicos en aguas frescas. Blackwell Scientific publications, Oxford. 164 p.
- Gómez, F. 2002. Evaluación de la erosión potencial y producción de sedimentos en tres cuencas de Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 104 p.
- Gómez, L. 1986. Vegetación de Costa Rica: apuntes para una biogeografía costarricense, vegetación y clima de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. 327p.
- González, G & R. Serrano. 2004. Propiedades de la madera de melina (*Gmelina arborea*) procedente de árboles plantados en Costa Rica. Rev. Forest. Kurú. 1
- Goreau, T. & N. Goreau. 1979. Corales y arrecifes coralinos: los diminutos pólipos de los corales, que viven en simbiosis con algas fotosintéticas. Investigación y Ciencia 37:45 – 60.
- Guariguata, M. & G. Kattan. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ed, Tecnológica de Costa Rica, Cartago. 691p.
- Guariguata, M. 2002. Tree seed fate a caged and fragmented forest landscape, Northeastern Costa Rica. BIOTROPICA 34(3): 405-415.
- Hartshorn, G. 1983. Costa Rica country environmental profile. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical.
- Hernández, O. 1998. Culturas y dinámica regional en el caribe costarricense. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 24(1-2): 129-162
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica: vegetación y clima de Costa Rica. Vol.2. EUNED, San José. 118 p.
- Heuveldop, J., J. Pardo, S. Quirós & L. Espinoza. 1986. Agroclimatología tropical. EUNED, San José. 378 p.
- Infocensos. 2004. Centro Centroamericano de Población, Universidad de Costa Rica (CCP-UCR), 19 julio 2004. www.infocensos.ccp.ucr.ac.cr

- ICE. 1993 .Sedimento en suspensión. Departamento de Planificación Eléctrica. Oficina de estudios hidrológicos. Boletín N° 3
- ICE. 1993. Boletín hidrológico N° 20. San José. Departamento Hidrología.
- ICE. 1987 .Boletín de calidad fisico-químico del agua N°2. Departamento de Planificación Eléctrica. Oficina de hidrología. .
- ICE.1981 .Boletín de calidad fisico-químico del agua N°1. Departamento de Planificación Eléctrica. Oficina de hidrología.
- IGN. 2001. División territorial administrativa de la República de Costa Rica. Departamento de División Territorial y Nomenclatura, San José. 96-132 p.
- IGN. 1978. Hojas cartográficas de tipos de suelo, Talamanca CR2CM-6, Limón CR2CM- 6 y Talamanca CR2CM-8, escala 1:200000.
- ITCR. 2004. Atlas Costa Rica 2004. Escuela de Ingeniería Forestal. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Versión digital.
- ITCR. 2000. Atlas Costa Rica 2000. Escuela de Ingeniería Forestal. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Versión digital.
- IMN. 2003. Datos de precipitación estaciones Pandora e Hitoy Cerere.
- IJSA. 2003. Ley de la Zona Marítimo Terrestre y su reglamento. IJSA, San José. 81 p.
- IJSA. 2002. Ley de aguas y ley general de agua potable. IJSA, San José. 83 p.
- IJSA. 2002. Ley orgánica del ambiente. IJSA, San José. 53 p.
- IJSA. 1999. Ley Forestal y su reglamento: anotaciones sobre acciones de inconstitucionalidad. IJSA, San José. 116 p.
- Kalff. J. 2002. Limnology: inland water ecosystems. Printice may, New Yersey. 592 p.
- Kiely, G. 1999. Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw-Hill Interamericana, España. 590 p.
- Kohlmann, B., J. Wilkinson & K. Lulla. 2002. Costa Rica desde el espacio. Fundación Neotrópica, San José. 227 p.
- La Gaceta N° 57,2001. Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y conservación de suelos
- La Gaceta N° 86, martes 4 de mayo del 2004. Decreto N° 31767-MINAE. Pago por servicios ambientales.

- Leopold, L., G. Wolman & J. Miller. 1964. Fluvial processes in geomorphology. WH Freeman Co, San Francisco. 521 p.
- Lind, O. 1979. Handbook of common methods in Limnology. Baylor University, Texas. 99p.
- LOICZ. 2002, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Core Project of the International Geosphere-Biosphere Programme: a study of global change. LOICZ reports & Studies N° 27.
- Madrigal, R. 1973. Principios de fotogeología. Universidad de Costa Rica. 124 p.
- MAG. 2004. Capacidad de uso del suelo. www.mag.go.cr.
- MAG & MIRENEN. 1994. Mapa de capacidad de uso de las tierras: clases forestales. Fundación Neotrópica. San José.
- Mata, A & O. Blanco. 1994. La Cuenca del Golfo de Nicoya: un reto al desarrollo sostenible. Ed. de la Universidad de Costa Rica. 235 p.
- Mendenhall. 1986. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 321 p.
- MIDEPLAN, 2005. La conservación y el uso de la biodiversidad para el desarrollo sostenible. www.mideplan.go.cr/sinades/publicaciones/biodiversidad.
- MINAE, ONF, PNUD & PROFOR. 2002. El éxito forestal de Costa Rica: en cinco casos. Costa Rica. 59 p.
- MINAE. 2004. Legislación del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)
- MINAE & FUNDECOR. 2005. Mitos y realidades de la deforestación en Costa Rica. 12 p.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. 1999. Sistema de indicadores sobre desarrollo sostenible (IDS). www.mideplan.go.cr/sides/social/10-03.htm
- Ministerio de Salud. 2002. Boletín epidemiológico. Vol. 2. N°26. www.netsalud.sa.cr
- MKJXPLORETIONS de Costa Rica & MKJ XPLATERION Inc. 1998. Estudio de Impacto Ambiental: Estudio geofísico. Reflexión sísmica marina. Limón Costa Rica.
- Mora, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, Vertiente Atlántica, Costa Rica. Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba. 104 p.
- Mulki. M., O. Yáñez, M. Jaramillo, A. Jácome, E. Leiva & P. Jaramillo. 1998. Manual para muestreo de aguas y sedimentos: recopilación bibliográfica. Dirección de Medio Ambiente, Quito. 179 p.

- Murphy, S. 2002. Research Analysis, Basin proyect. USGS water quality monitoring. www.bcn.boulder.co.us/basin/watwershed
- Naiman, R. & R. Bilby. 1998. River ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregion. Springer, Nueva York. 687 p.
- Núñez, J. 1985. Fundamentos de edafología. EUNED, San José. 183 p.
- Organización Mundial de la Salud. 1987. Guías para la calidad del agua potable: criterios relativos a la salud y otra información base. Washintong DC. Vol 2. 350 p.
- Organización Mundial de la Salud. 1995. Guías para la calidad del agua potable: recomendaciones. Vol. 1. 193 pp.
- Organización Mundial de la Salud. 1998. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Vol 3. 255pp.
- Ortiz, E. 2003. Impacto del Programa de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica como medio de reducción de la pobreza en los medios rurales. Unidad Regional de Asistencia Técnica, San José.
- Ortiz, E. 2004. Efectividad del Programa de Pago de Servicios Ambientales por protección del bosque (PSA-Protección) como instrumento para mejorar la calidad de vida de los propietarios de bosques en zonas rurales. Rev. Forest. Kurú. 1:2.
- Ortiz, E. 2004. Sistema de cobro y Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica: serie de apoyo académico N° 34. 28 p.
- Palmer, P. 1994. “ Wa' apin man”: la historia de la costa talamanca de Costa Rica, según sus protagonistas. Ed. de la Universidad de Costa Rica. 402 p.
- Pérez, G. 2004. Evaluación de la calidad de las aguas de drenaje del sector de riego de Tamarindo para el manejo de humedales en el Parque Nacional Palo Verde. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 133 p.
- Piedrahita, J. 1998. El arrecife coralino de Punta Cahuita: origen de un pueblo y un Parque Nacional. San José.
- PNUMA. 2003. Programa de acción mundial de protección del medio marino frente a las amenazas terrestres. www.rolac.unep.mx/recnat/esp/AreasPro/ApCuenca/apcuenca.htm
- PROIGE & AyA. 1999. Estudio de impacto ambiental del proyecto Emisario Submarino para el alcantarillado sanitario de la ciudad de Limón. Universidad de Costa Rica, Escuela de Geografía, programa de investigaciones geográficas. 241 p.
- Quesada, C. 2003. Costa Rica, modelo de elevación digital, poblados, ríos, carreteras y áreas protegidas. CIEDES. Ed de Universidad de Costa Rica, San José. 23 p.

- Quesada, R. 1980. Costa Rica: la frontera sur de Mesoamérica. Instituto Costarricense de Turismo. 288p.
- Rogers, C. 1990. Responses of coral reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*: 62 : 185-202.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 529 p.
- Rosero-Bixby L. & E. Chaves. 1995. Valoración del riesgo de deforestación futura en Costa Rica. CCP. Ed. Universidad de Costa Rica, San José. 12 p.
- Salvat, B. 1987. Dredging in coral reefs: en *Human Impacts on coral reefs: fact and recommendation*. Anlenne Museum. EPNE. Polynesia.: pp 165-184.
- Sánchez, V. 2003. Gestión ambiental participativa de microcuencas: fundamentos y aplicación. EUNA, Heredia . 289 p.
- Sawyer, C., L. McCarty & F. Parkin. 2001. Química para ingeniería ambiental. McGraw Hill, Bogotá. 713 p.
- Scheaffer, R., W. Mendenhall, L. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 321 p.
- SINALEVI. 2004. Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. www.pgr.go.cr/scij
- Skoog, D., D. West, F. Holler, S. Crouch. 2001. Química analítica. 7 edición. McGraw-Hill. México.
- Steel, R., J. Torrie. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, Bogotá. 619 p.
- Suárez, J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia. 548 p.
- Spurgeon, J. 1992. The economic valuation of coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*: 24 (11) 529-563.
- Tomascik, T. 1992. Environmental management guidelines for coral reef ecosystems. State Ministry for Population and Environmental. Jakarta.
- Tomascik, T. & F. Sander. 1985. Effects of eutrophication of reef building corals: Part I. grow rates of reef bulding coral *Montastrea annlans*. *Marne Biology* 87:143-155.
- Tosi, J. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Centro Científico Tropical, San José. 74 p.

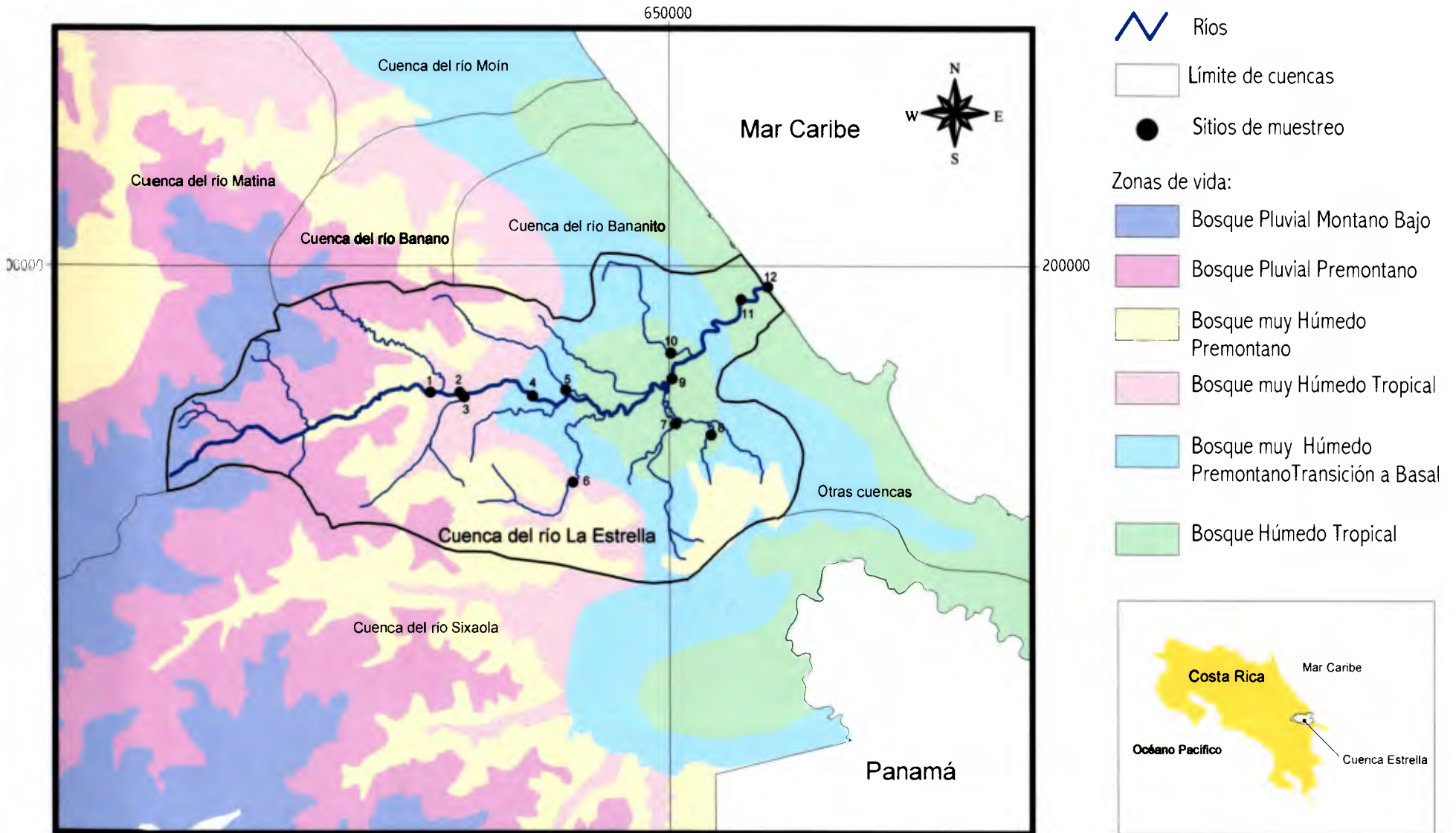
Valerio, C. 1991. La diversidad biológica de Costa Rica. Ed. Heliconia, San José. 156 p.
Aerofotogramétrico OEA/Chile. Unión Panamericana. 135 p.

Anexo 1

Mapas temáticos de la cuenca del río La Estrella

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Zonas de Vida



Escala
1:400000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

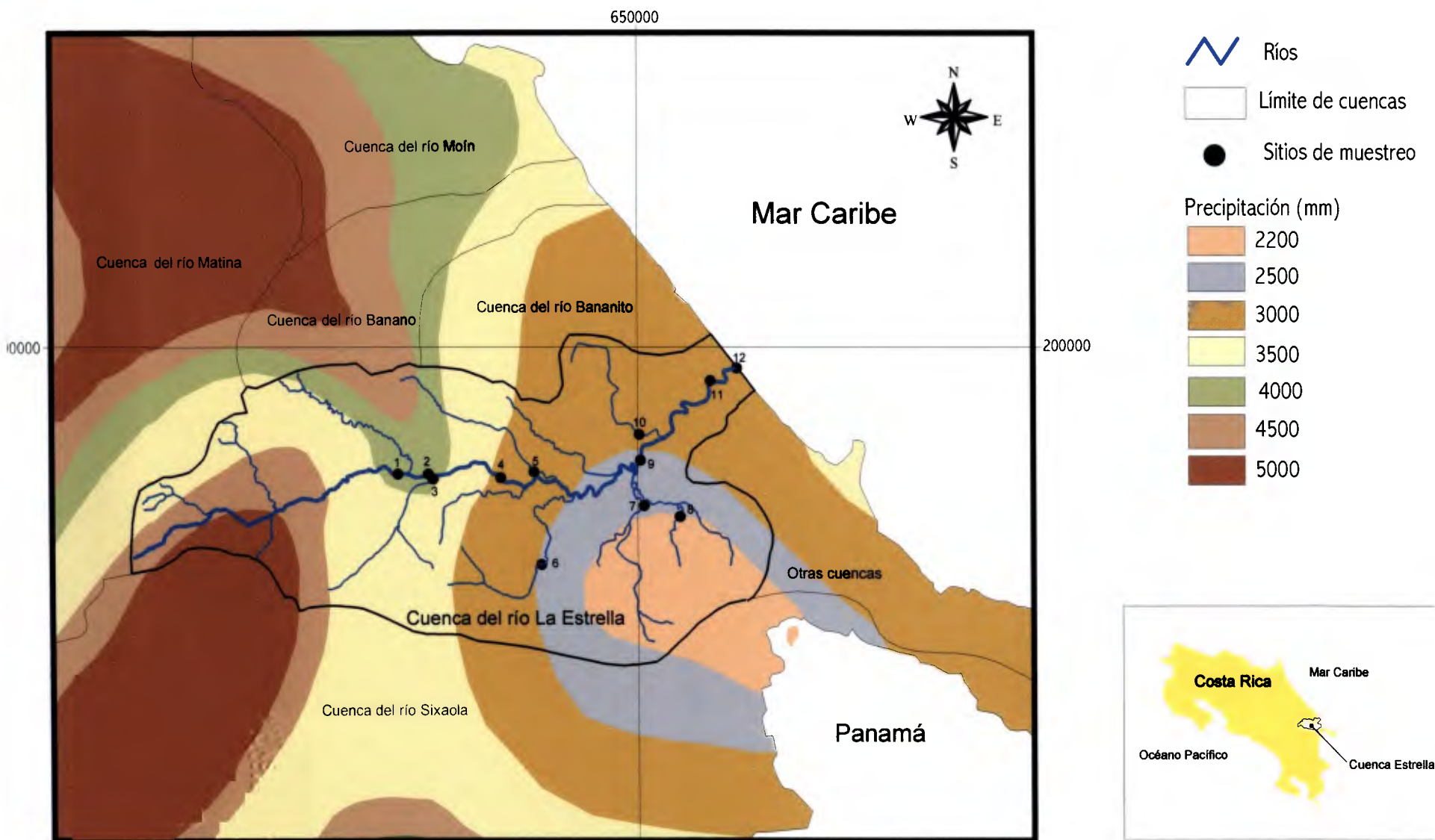
650000

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR. Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Precipitación Promedio Anual (mm)



Escala
1:400000

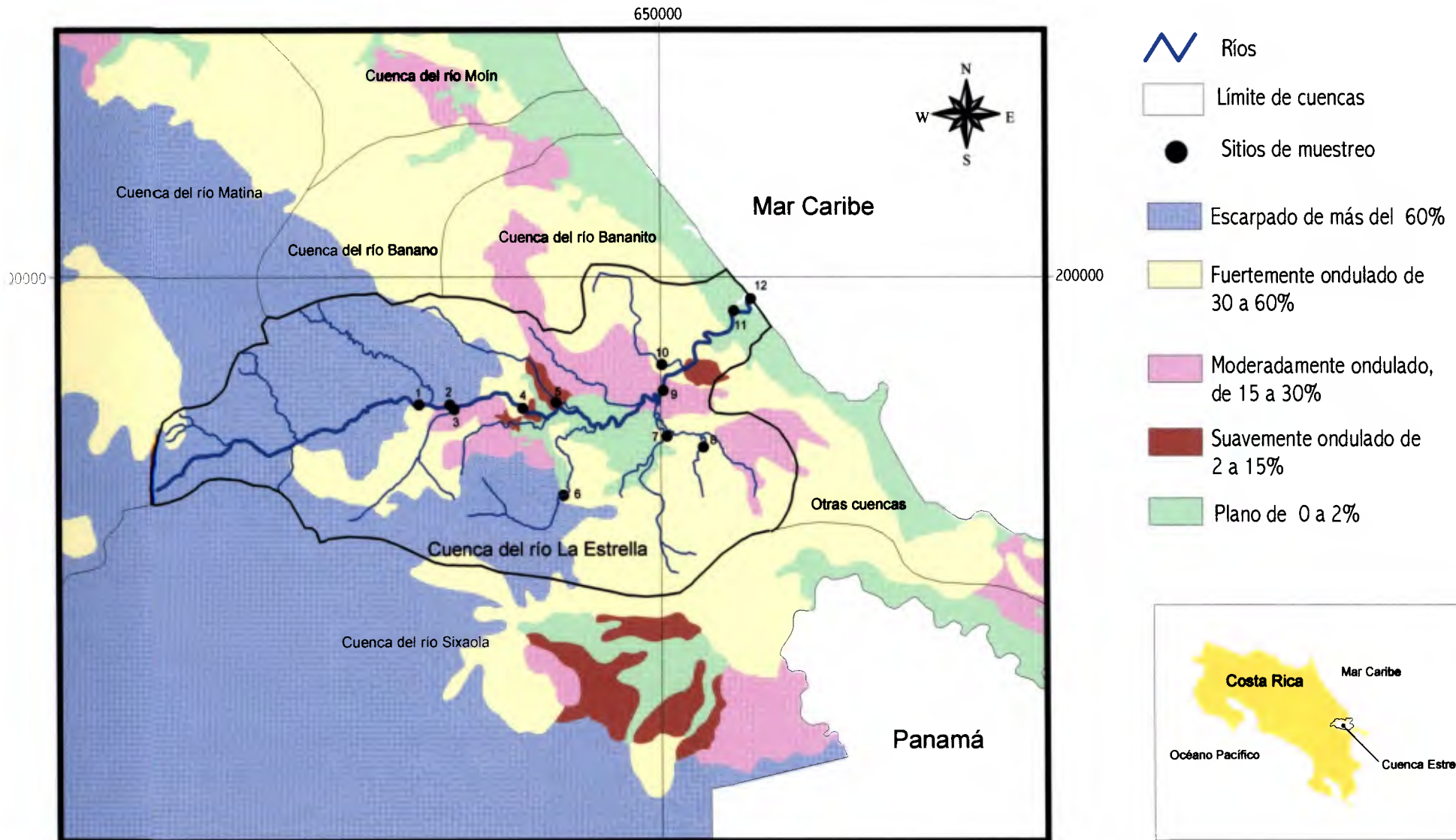
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Pendientes (%)



Escala
1:400000

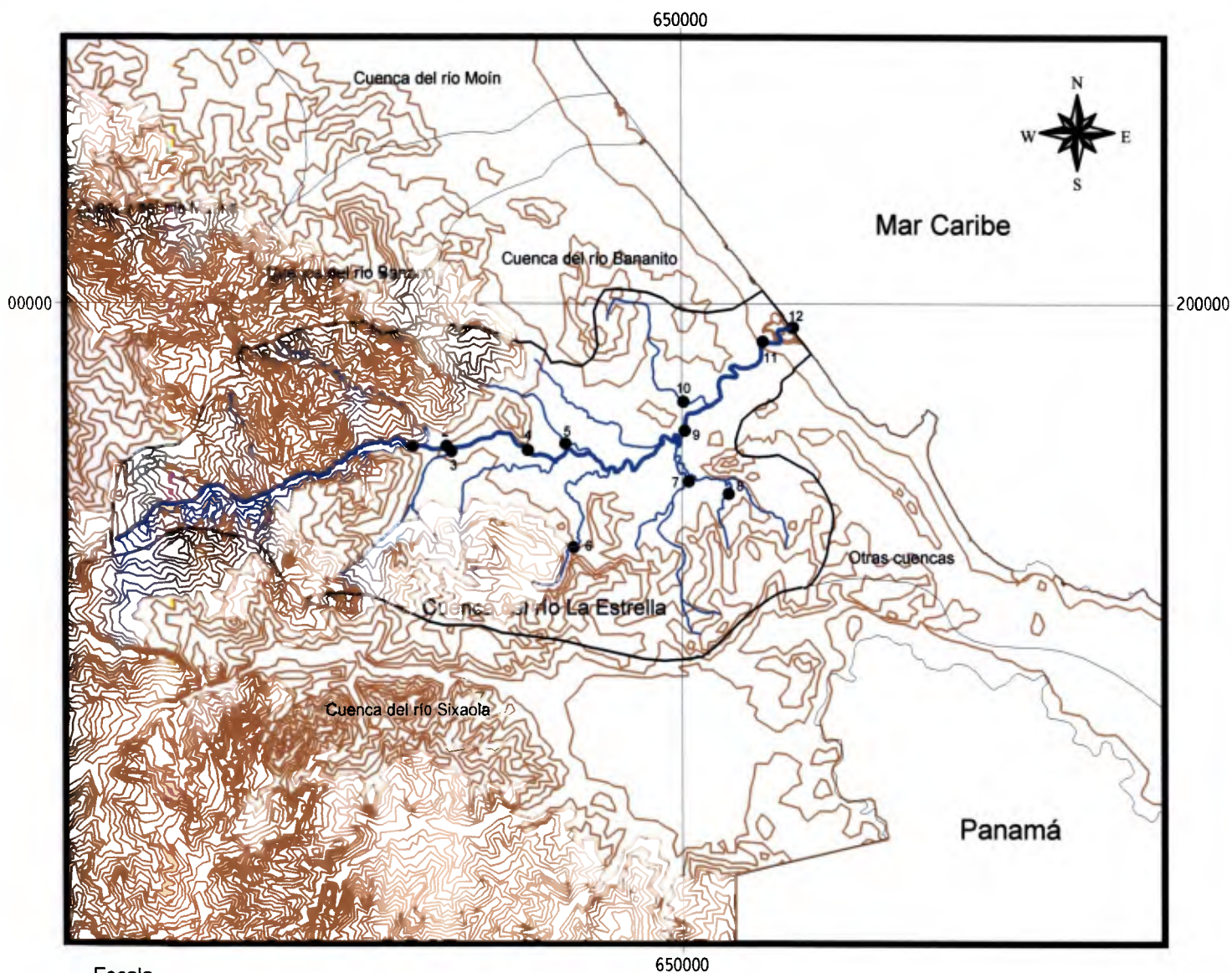
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
 ITCR, Atlas Costa Rica 2000
 INEC, mapa de ríos, 2004
 IGN, hoja cartográfica Talamancas, 1970
 ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Curvas de nivel



-  Ríos
-  Límite de cuencas
-  Sitios de muestreo
-  Curvas de nivel



Escala
1:400000

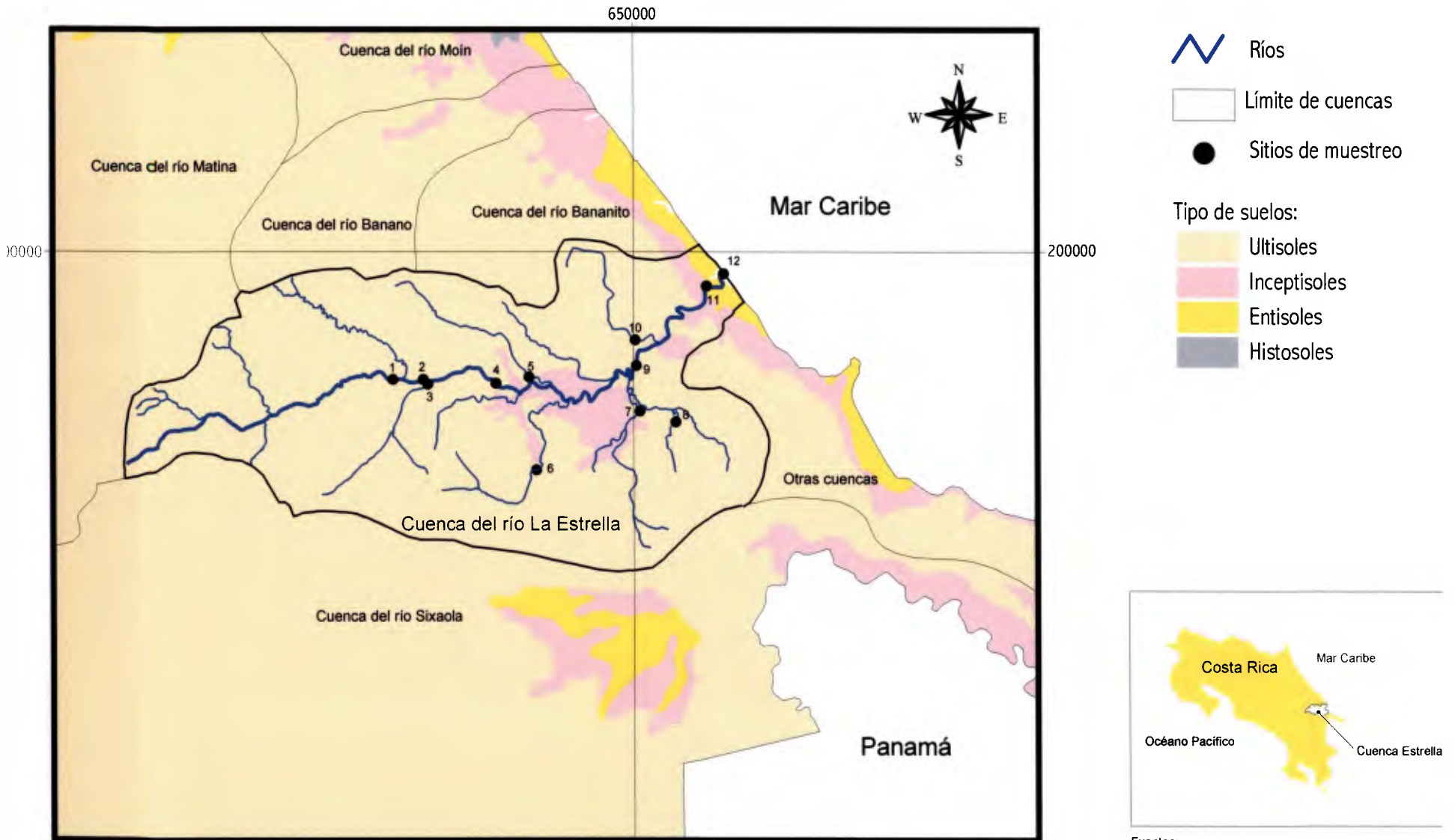
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuenas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Tipo de suelos



Escala
1:400000

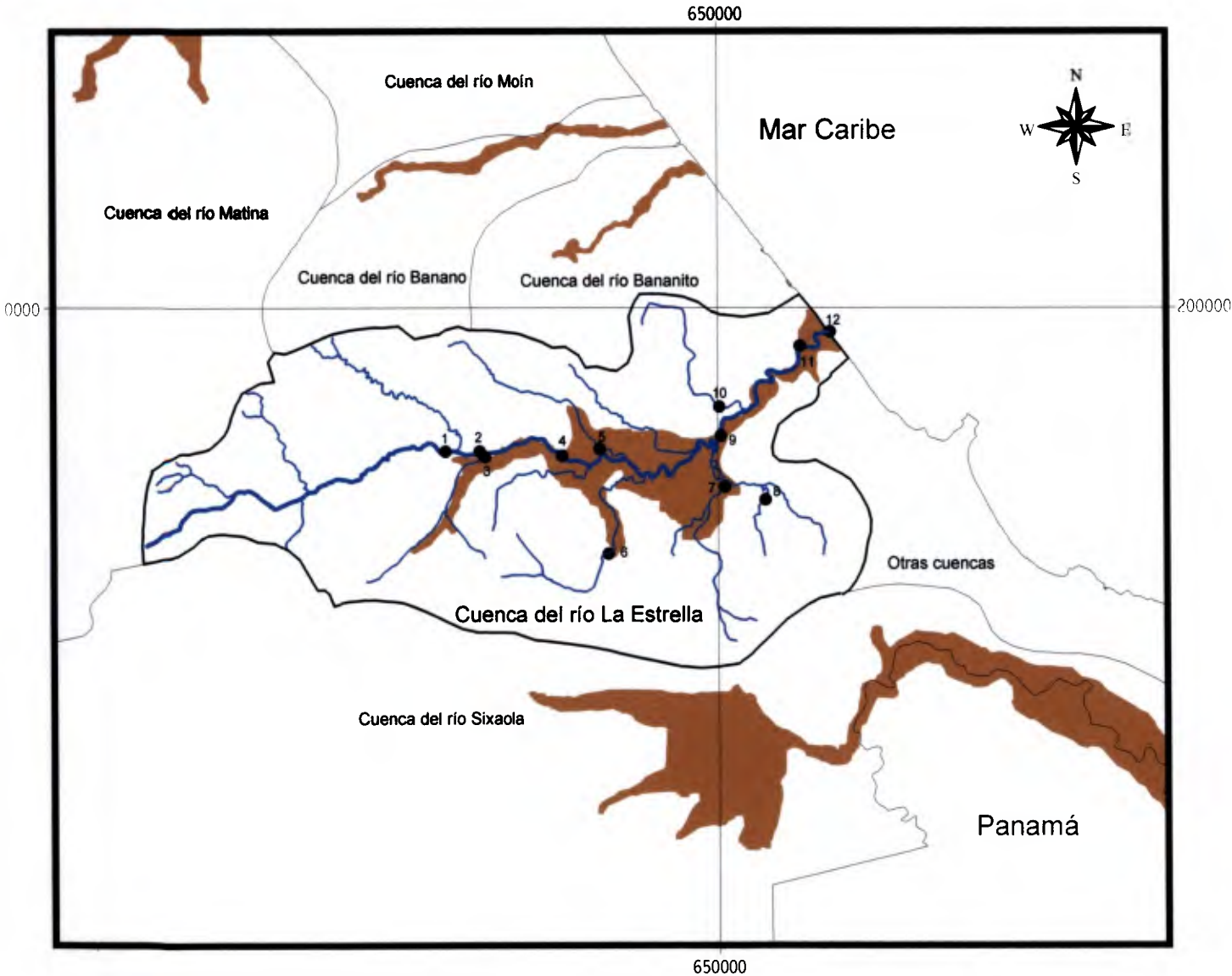
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Limón CR2CM
y Talamanca, CR2CM8, 1978.
ICE, Cuenclas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Áreas propensas a inundaciones



-  Ríos
-  Límite de cuencas
-  Sitios de muestreo
-  Inundación periódica entre 1 y 5 años



Fuentes:
 ITCR. Atlas Costa Rica 2004
 INEC. mapa de ríos. 2004
 IGN. hoja cartográfica Talamanca, 1970
 ICE. Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

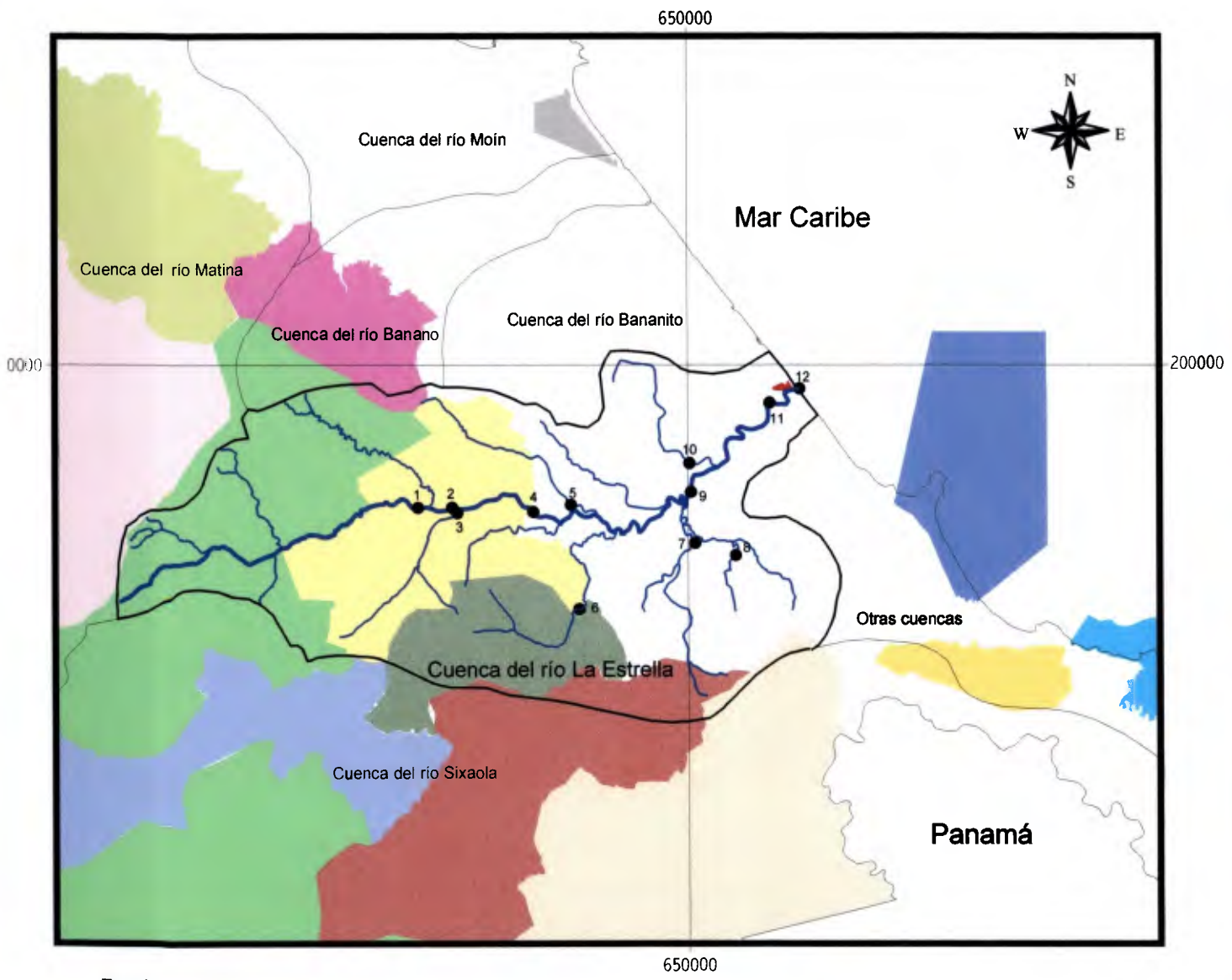
Escala
 1:40000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Áreas Protegidas y Reservas Indígenas



-  Ríos
-  Límite de cuencas
-  Sitios de muestreo
- Reservas indígenas**
 -  RI. Cabecar de Tayni
 -  RI. Cabecar de Bajo Chirripó
 -  RI. Cabecar de Chirripó (Duchii)
 -  RI. Cabecar de Telire
 -  RI. Cabecar de Talamanca
 -  RI. Bribri de Talamanca
 -  RI. Bribri de Kekoldi (Cocles)
- Áreas protegidas:**
 -  Parque Internacional La Amistad
 -  R.B. Hitoy-Cerere
 -  Z.P. Cuenca del río Banano
 -  P.N. Cahuita
 -  R.N.V.S. Gandoca-Manzanillo
 -  R.N.V.S. Aviarios del Caribe
 -  R.N.V.S. Limoncito



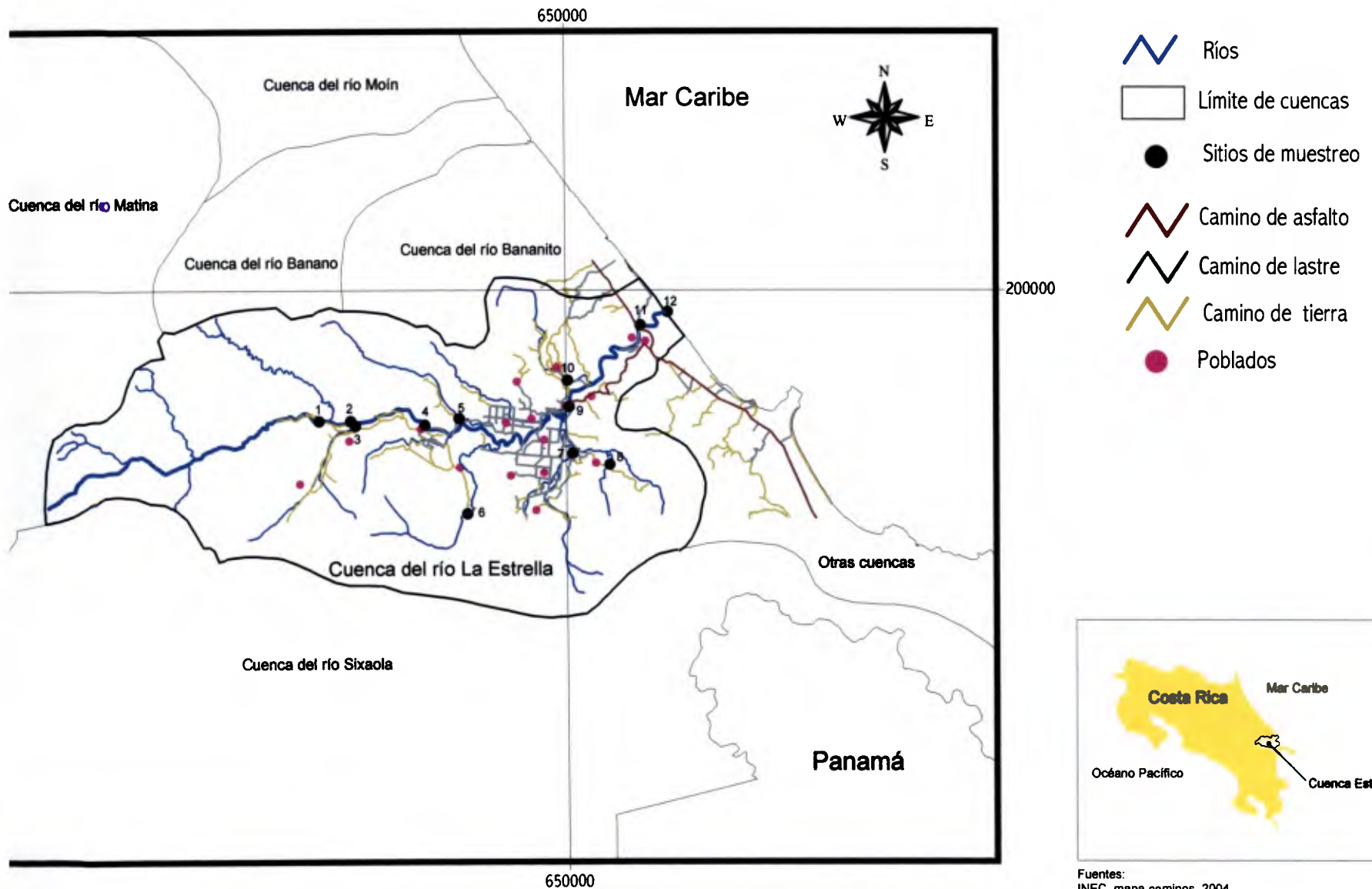
Escala
1:400000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río a La Estrella, Costa Rica Caminos y Poblados



Escala
1:400000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

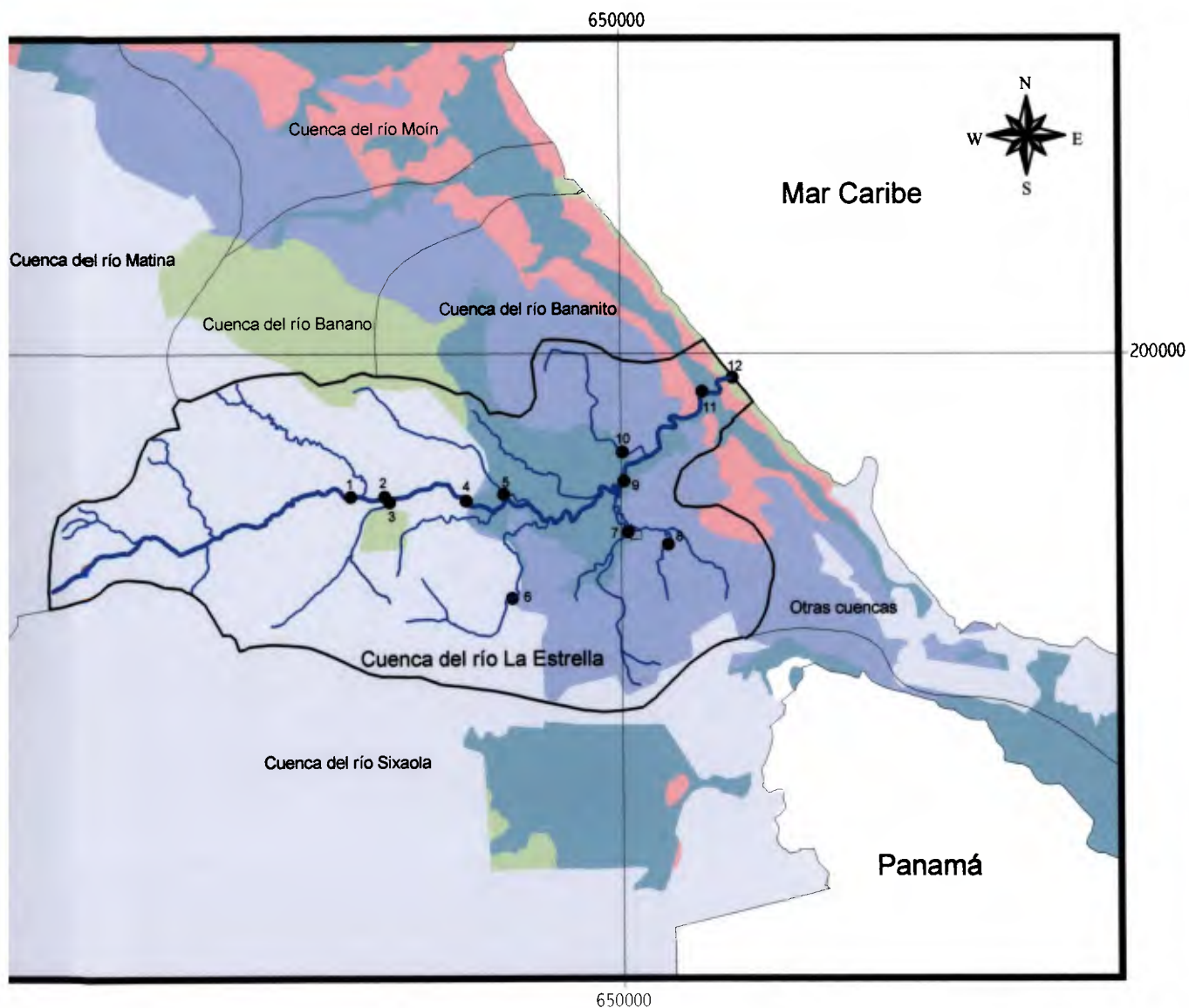
Modificado por: Catalina Mora Cordero











Fuentes:
INEC, mapa caminos, 2004
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Capacidad de uso del suelo



-  Ríos
 -  Límite de cuencas
 -  Sitios de muestreo
- Capacidad de uso:
-  Areas Protegidas Oficiales, dentro de una categoría de manejo
 -  Clase I,II,III,IV,V: uso agropecuario
 -  Clase VI: reforestación o cultivos permanentes
 -  Clase VII: manejo de bosque natural o regeneración
 -  Clase VIII: protección



Escala
1:40000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

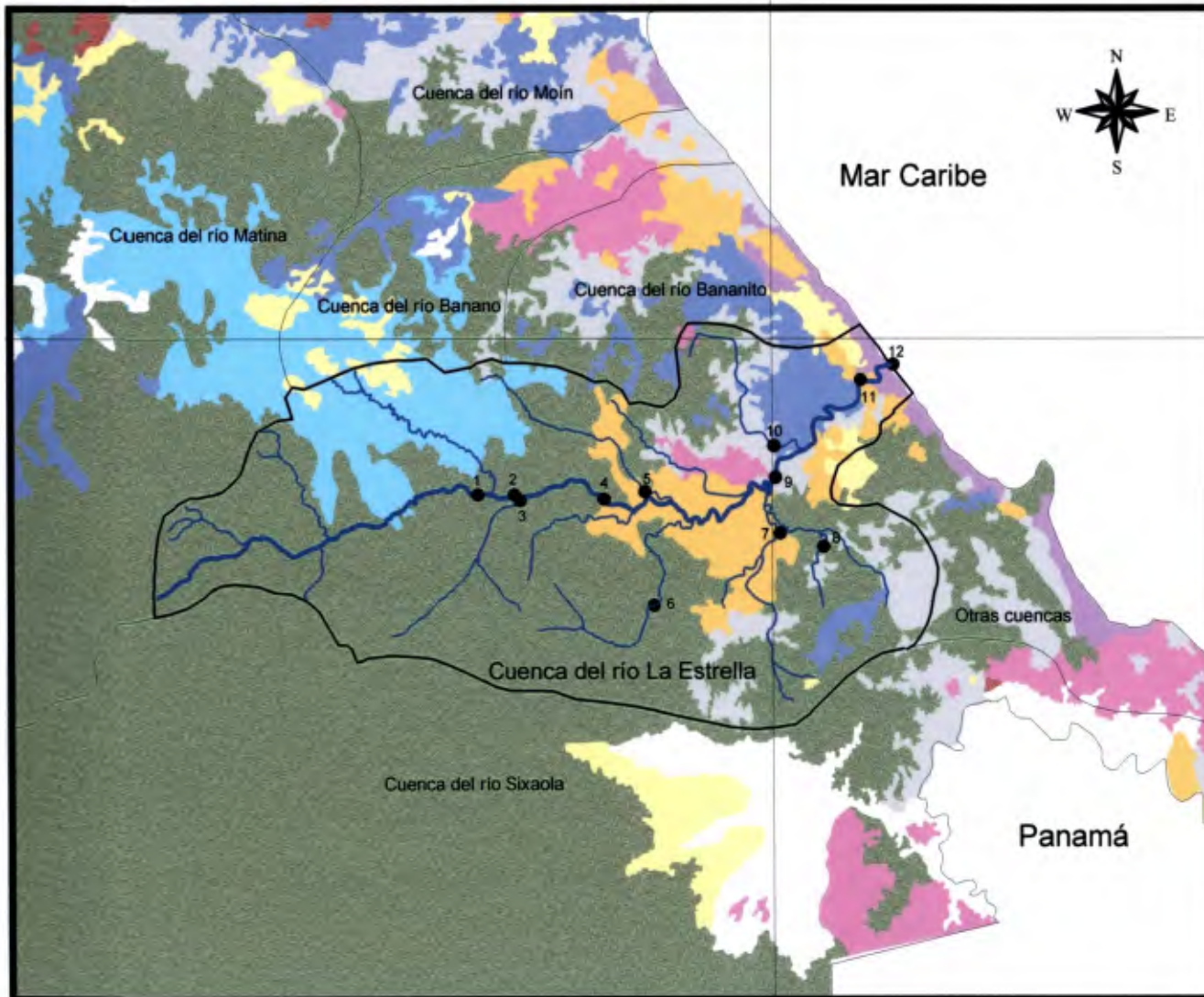
Modificado por: Catalina Mora Cordero




Fuentes:
FONAFIFO, MAG, decreto 23214, 1995
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Uso del Suelo (1992)

650000



-  Ríos
-  Límite de cuencas
-  Sitios de muestreo

Uso del suelo:

-  Bosque Natural
-  Bosque secundario
-  Bosque intervenido
-  Cultivos anuales
-  Cultivos permanentes
-  Pasto
-  Pasto y agricultura
-  Charral /Tacotal
-  Humedal/Pantano
-  Suelo descubierto



Escala
1:400000

Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

650000

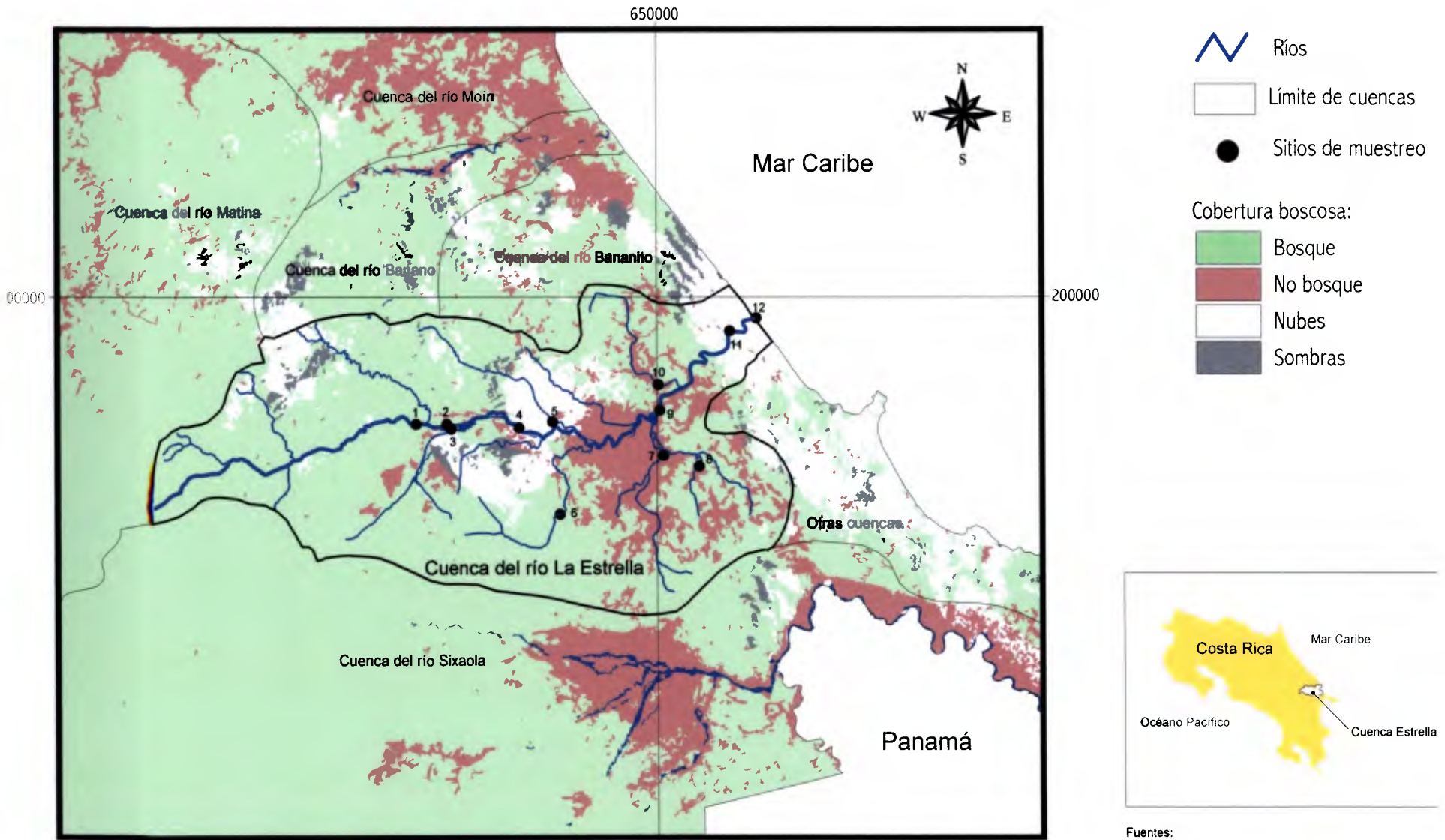
Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:

ITCR, Atlas Costa Rica 2000
 INEC, mapa de ríos, 2004
 IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
 ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Cobertura boscosa (1997)



Escala
1:400000

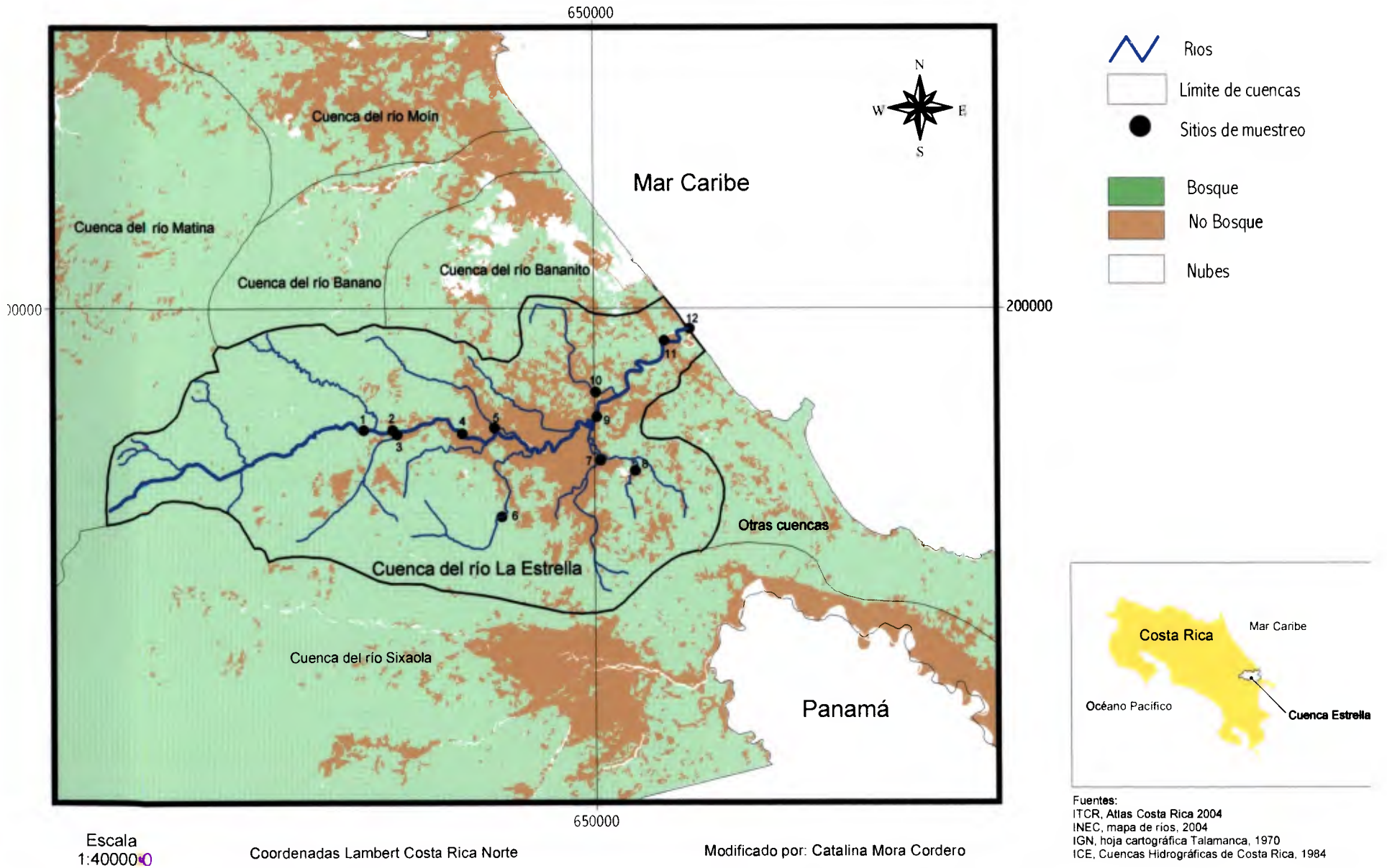
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

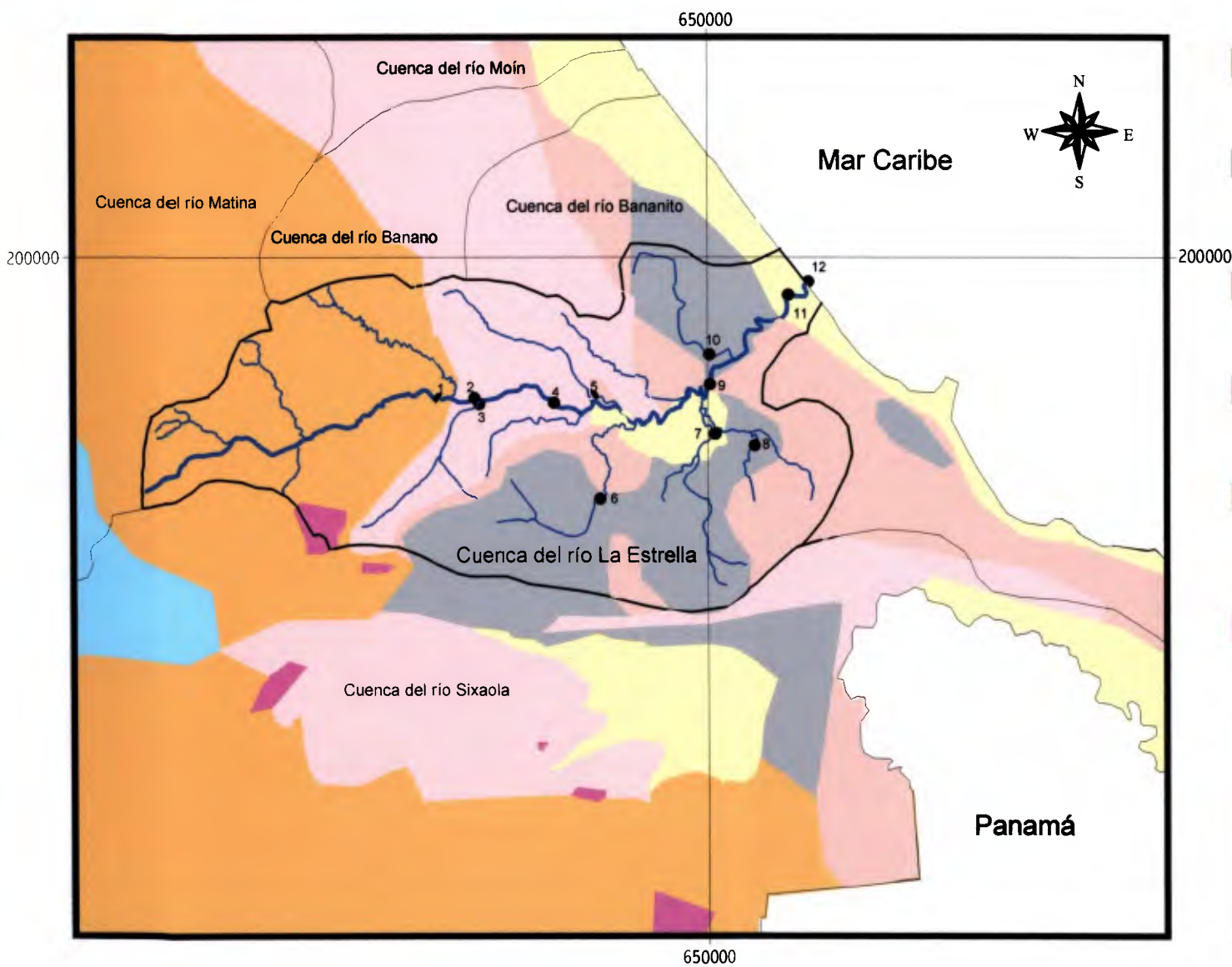
Cuenca del río La Estrella, Costa Rica










Cobertura Boscosa 2000



Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Composición geológica



-  Ríos
-  Límite de cuencas
-  Sitios de muestreo
-  Sedimentario. Periodo Cuaternario. Depósitos fluviales, coluviales y costeros recientes
-  Sedimentario. Periodo Terciario. Formación Suretka de conglomerados de bloques de basalto, andesita en matriz arcillosa.
-  Sedimentario. Periodo Terciario. Formación río Banano, areniscas, conglomerados y arrecifes coralinos.
-  Sedimentario. Periodo Terciario. Formación Uscari incluye lutitas, limosos y arenas.
-  Sedimentario. Periodo Terciario. Formación Tuis. Incluye aglomerados de brecha volcánica, calizas, areniscas y lutitas.
-  Intrusivo. Periodo Terciario incluye ácidos de la Cordillera de Talamanca, dioritas y granitos.



Fuentes:
 Mapa Geológico de Costa Rica, hojas Limón CR2CM-6 y Talamanca, CR2CM-8, 1982
 INEC, mapa de ríos, 2004
 IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
 ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Escala
 1:400000

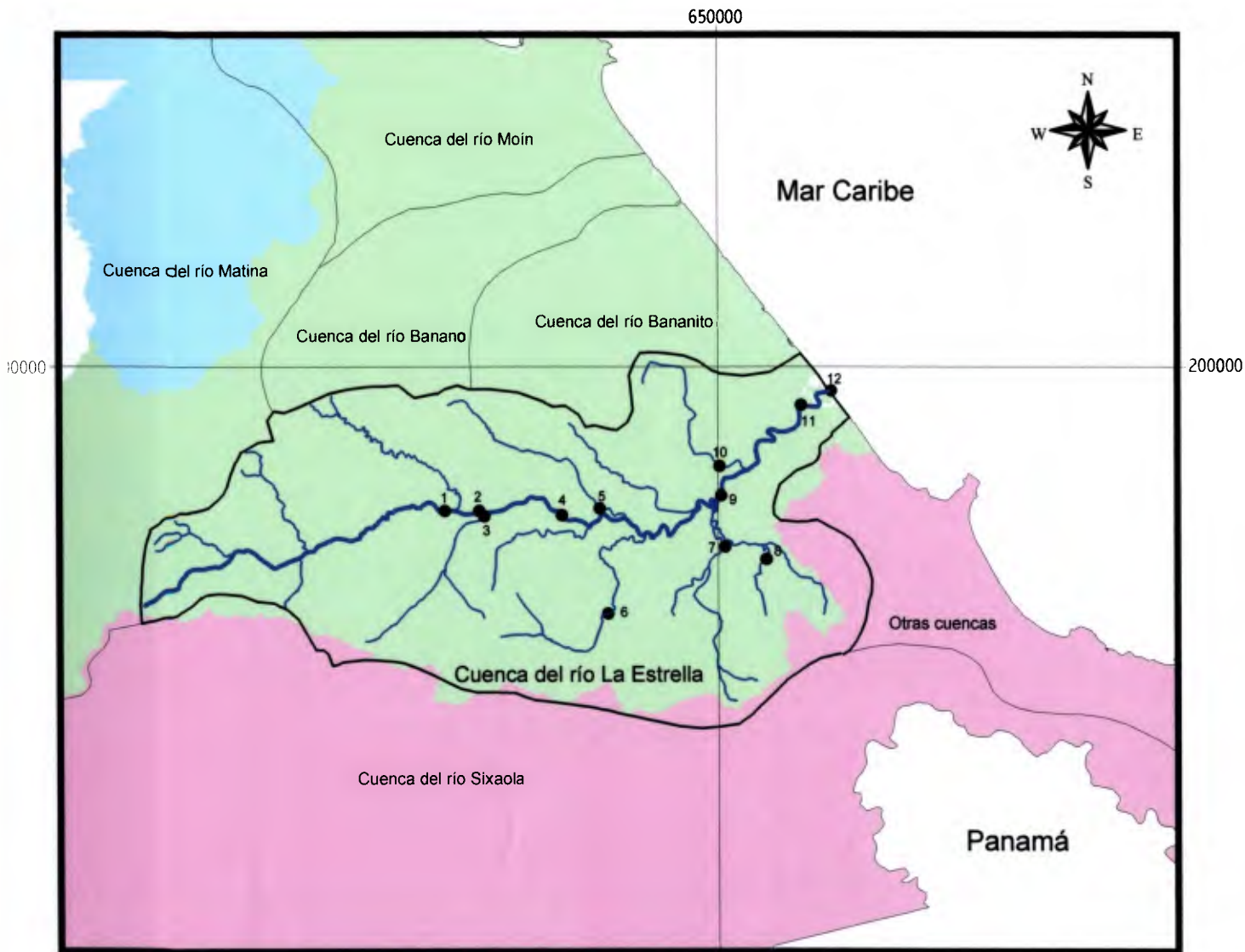
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

División Territorial Administrativa

Cantones



-  Ríos
 -  Límite de cuencas
 -  Sitios de muestreo
- Cantones:
-  Limón
 -  Talamanca
 -  Matina



Escala
1:400000

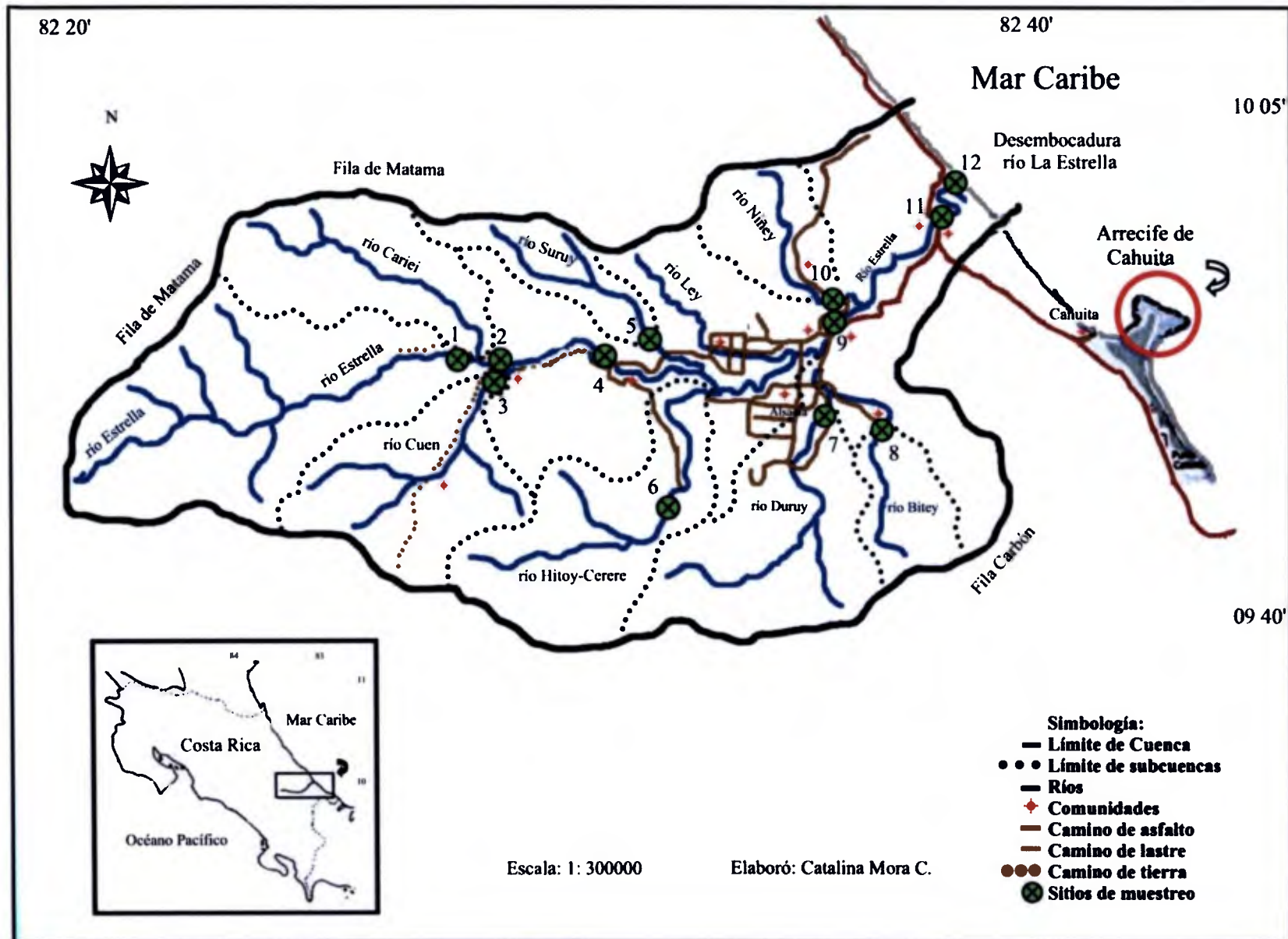
Coordenadas Lambert Costa Rica Norte

Modificado por: Catalina Mora Cordero

Fuentes:
ITCR, Atlas Costa Rica 2000
INEC, mapa de ríos, 2004
IGN, hoja cartográfica Talamanca, 1970
ICE, Cuencas Hidrográficas de Costa Rica, 1984

Cuenca del río La Estrella, Costa Rica

Sub-cuencas



Anexo 2

Caudales obtenidos por sitio de muestreo y caudales del Instituto Costarricense de Electricidad (periodo 2003-2004)

Cuadro 17
Resultados de caudal por sitio de muestreo

FECHA	LUGAR	CAUDAL (m3/s)	FECHA	LUGAR	CAUDAL (m3/s)	FECHA	LUGAR	CAUDAL (m3/s)
Oct-03	Pandora	20,56	Dic-03	Bonifacio	110,08	Mar-04	Hitoy-Cerere	2,68
Oct-03	Bonifacio	25,99	Dic-03	Desembocadura	12,18	Mar-04	Duruy	1,34
Oct-03	Desembocadura	1,25	Dic-03	Cuen	7,18	Mar-04	Bitey	0,22
Oct-03	Hitoy-Cerere	12,52	Dic-03	Hitoy-Cerere	9,67	Mar-04	Niñey	0,74
Oct-03	Cariei	49,71	Dic-03	Suruy	18,85	May-04	Vesta	45,27
Nov-03	Vesta	23,86	Feb-04	Vesta	9,81	May-04	Pandora	92,01
Nov-03	Suruy	0,73	Feb-04	Pandora	9,61	May-04	Bonifacio	87,08
Nov-03	Bajo Cuen	19,50	Feb-04	Bonifacio	11,31	May-04	Desembocadura	-
Nov-03	Cuen	3,40	Feb-04	Desembocadura	4,29	May-04	Suruy	8,21
Dic-03	Pandora	30,27	Feb-04	Suruy	1,03	May-04	Hitoy-Cerere	17,97
Dic-03	Bonifacio	38,16	Mar-04	Vesta	14,18	May-04	Duruy	13,14
Dic-03	Desembocadura	4,71	Mar-04	Pandora	14,29	May-04	Bitey	3,93
Dic-03	Bajo Cuen	16,85	Mar-04	Bonifacio	14,99	May-04	Niñey	11,89
Dic-03	Vesta	84,95	Mar-04	Desembocadura	21,32			
Dic-03	Pandora	92,35	Mar-04	Suruy	1,10			

Cuadro 18
Caudales estación Pandora del ICE (periodo 2003-2004).

Día	Set. 2003	Oct. 2003	Nov. 2003	Dic. 2003	Ene. 2004	Feb. 2004	Mar. 2004	Abr. 2004	May. 2004
1	41,7	26,1	37,4	138	119,00	12,00	61,4	9,49	22
2	19,7	49,5	43,9	189	76,70	11,70	30,3	7,67	23,9
3	16,7	62,1	48,3	137	132,00	11,70	28,1	6,76	16,8
4	18,5	77,8	54,8	82,3	247,00	12,90	23,5	6,08	21,9
5	17	57	36	62,7	127,00	15,40	51,6	5,07	69,3
6	47	38,5	32,6	53,3	95,40	13,50	129	4,87	95,2
7	56,1	34,8	28,2	44	127,00	35,30	172	7,43	472
8	30,3	45,1	25,3	143	129,00	24,00	177	5,67	299
9	21,8	46,5	24,2	194	89,5	16,70	74,1	4,37	553
10	21	42,2	37	131	76,00	62,20	43	3,77	214
11	44,9	32	88,3	268	71,50	36,2	28,3	3,06	99,8
12	58,5	28,6	101	521	65,20	28,3	240	2,52	74,3
13	40,3	50,9	87,1	149	49,70	18,1	207	3,23	151
14	40,5	75,5	71,7	85,2	43,5	16,1	117	2,95	246
15	42,6	89,7	58,8	58,1	39,9	14,1	72,4	2,58	161
16	28,8	95,2	44,8	61,9	38,7	15	67,8	5,15	214
17	23,1	85,3	46	185	33,9	13,1	227	7,74	141
18	35,8	76,1	38,8	139	31,6	87,5	86,6	6,62	165
19	57,9	107	38,6	111	28,7	67,9	88,5	12	106
20	36,7	131	41,2	167	25,4	31,8	72,3	20,6	84,1
21	36,8	151	34,4	258	22,7	22,7	41,2	20,1	57,7
22	62,6	141	38,2	223	20,7	21,3	32,4	24,9	62,4
23	70,8	93,9	48,1	142	20,5	18,1	22,3	15,7	84,2
24	105	110	62,9	113	22,9	15,5	17,6	7,34	65,9
25	103	91,9	72,9	165	18,2	14,7	14,8	5,74	44,6
26	77,2	63,3	46,7	91	16,9	9,52	12,8	8,2	31,7
27	55,8	48,4	36,2	65,4	15,6	13,7	11	8,2	30,6
28	44,5	55,8	33,5	46,1	14,8	13,8	9,55	6,98	27,1
29	36,4	62,5	132	37,2	13,9	67,5	9,68	15,1	26,9
30	29,7	42,5	98,6	58,9	13,4		12,8	43,8	21,1
31		40,2		76,7	12,5		15,9		17,6

Anexo 3

VARIABLES EVALUADAS PARA CADA SITIO DE MUESTRO (PORCENTAJE DEL ÁREA DE DRENAJE)

Cuadro 19
VARIABLES EVALUADAS EN LA CUENCA DEL RÍO LA ESTRELLA (PORCENTAJES DEL ÁREA DE DRENAJE) POR SITIO DE MUESTRO.

Sitio	Lugar	Longitud del río km	Área de drenaje km ²	Cobertura boscosa			Tipo de suelos			Pendientes				
				Bosque	No bosque	Nubes	Ultisoles	Inceptisoles	Entisoles	Escarpado	Fuertemente ondulado	Moderadamente ondulado	Suave Plano	
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	Cariéi	24,38	137,79	93,48	0,00	6,52	100,00	0,00	0,00	92,54	7,46	0,00	0,00	0,00
2	Bajo Cuen	26,75	204,36	95,75	0,00	4,25	100,00	0,00	0,00	90,00	10,00	0,00	0,00	0,00
3	Cuen	12,38	72,03	90,28	7,40	2,32	100,00	0,00	0,00	54,17	43,46	2,37	0,00	0,00
4	Vesta	32,13	298,19	92,74	2,77	4,49	100,00	0,00	0,00	76,57	20,78	2,65	0,00	0,00
5	Suruy	13,75	31,13	65,35	1,07	33,58	97,02	2,98	0,00	14,64	61,88	4,95	11,62	6,91
6	Hitoy Cerere	13,25	55,53	95,06	0,00	4,94	100,00	0,00	0,00	85,87	14,13	0,00	0,00	0,00
7	Duruy	12,50	98,70	59,59	40,42	0,00	83,42	16,58	0,00	0,91	85,71	0,00	0,00	13,38
8	Bitey	9,00	17,58	57,93	42,07	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
9	Pandora	46,88	634,50	77,79	12,93	9,28	93,38	6,62	0,00	47,21	35,97	9,53	0,93	6,36
10	Bonifacio	57,38	740,41	76,45	13,56	9,99	92,72	7,28	0,00	41,63	38,20	11,99	1,46	6,72
11	Ñiñey	13,88	41,63	82,45	17,55	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	87,15	12,85	0,00	0,00
12	Desembocadura	61,38	745,10	75,23	13,35	11,42	91,47	7,37	1,16	41,08	37,83	11,83	1,44	7,83

Continuación cuadro 19

Sitio	Lugar	Precipitación promedio anual (mm)						Categoría de manejo		
		2200	2500	3000	3500	4000	4500	5000	Protección	Sin protección
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	Cariéi	0,00	0,00	0,00	32,49	1,20	46,59	19,72	100,00	0,00
2	Bajo Cuen	0,00	0,00	0,00	35,75	13,63	37,11	13,52	100,00	0,00
3	Cuen	0,00	0,00	0,00	75,73	5,13	12,69	6,45	100,00	0,00
4	Vesta	0,00	0,00	0,47	47,84	12,80	28,23	10,66	100,00	0,00
5	Suruy	0,00	0,00	19,22	57,43	16,68	6,68	0,00	57,47	42,54
6	Hitoy Cerere	0,00	16,93	76,15	6,92	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
7	Duruy	60,07	39,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,06	61,94
8	Bitey	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,13	91,87
9	Pandora	11,25	10,63	18,59	31,50	7,62	14,93	5,48	70,79	29,21
10	Bonifacio	11,49	13,33	25,66	26,20	6,34	12,42	4,56	62,13	37,87
11	Ñiñey	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
12	Desembocadura	11,40	13,23	26,22	26,00	6,29	12,33	4,53	61,23	38,77

Anexo 4

Formulario de encuestas

**Entrevista dirigida a vecinos del distrito del Valle de la Estrella, cantón de Limón.
Provincia de Limón, Costa Rica**

Objetivo de la encuesta

Conocer la percepción de los vecinos acerca de la deforestación
contaminación y su impacto en la zona costera

Fecha: _____

Comunidad: _____

Grupo. _____

Edad

N: Niños: 7-12

J: Jóvenes 13-20

A: Adultos 21 +

A Aspectos Socioeconómicos

A.1. Edad _____

A.2 Sexo M F ()

A.3 Educación

Sin estudios ()

Prim. Incompleta ()

Primaria Completa ()

Secundaria incompleta ()

Univers. Incompleta ()

Univer. Completa ()

A.4 ¿Qué actividades económicas se realizan en la comunidad?

Agrícola ()

Ganadera ()

Forestal ()

Turismo ()

Pesca ()

Minería ()

Otros ()

A.5 Profesión u oficio

Agrícola

Ganadera ()

Forestal ()

Turismo ()

Pesca ()

Otros ()

B Aspectos ambientales

B.1 ¿Qué es contaminación?

Comentario:

B.2 ¿ Existe contaminación en su comunidad?

Si ()

No ()

B.3 Considera que la contaminación se debe a:

Aguas servidas y jabonosas

Plaguicidas ()

Sedimentos ()

Gasolina, aceite ()

Basura sólida

Otros ()

B.4 ¿ Cree que existe contaminación en los ríos de su comunidad?

Si ()

No ()

B.5 Si la respuesta es sí. ¿Con que están contaminados los ríos?

Aguas servidas y jabonosas ()

Plaguicidas ()

Sedimentos ()

Gasolina, aceite ()

Basura sólida ()

Otros ()

B.6 ¿Llega la contaminación a la zona costera?

Si ()

No ()

¿ Como afecta la contaminación a la zona costera?

Comentario:

B.7 ¿ Conoce el Parque Nacional Cahuita?

Si ()

No ()

B.8 ¿ Conoce los arrecifes de coral?

Si ()

No ()

C. Aspecto Forestal

C1 ¿ Que es deforestación ?

Comentario:

C2 ¿ Cree que existe deforestación en su comunidad ?

Si ()

No ()

C3. ¿ Cual cree que sea la causa de la deforestación?

Agricultura

Ganadería ()

Actividad forestal ()

Turismo ()

Construcción

Minería ()

Otros ()

C4 ¿ Conoce algún caso de siembra de árboles en su comunidad?

Si ()

No ()

C5 ¿ Cuales especies de árboles considera aptas para sembrar en la zona?

C6 ¿ Conoce algún caso de Pago Servicios Ambientales en su comunidad?

Si ()

No ()

Encuestador:

Observaciones:

Anexo 5

Resultados de turbidez, conductividad, sólidos suspendidos y descarga de sedimento.

Cuadro 20
Valores promedio de turbidez por sitio de muestreo

Fecha	Lugar	JTU tabla	JTU fórmula	Fecha	Lugar	JTU tabla	JTU fórmula
Sep-03	Cuen	30,00	29,37	Feb-04	Vesta	95,33	95,65
Sep-03	Vesta	125,00	121,79	Feb-04	Pandora	73,67	75,78
Sep-03	Suruy	395,00	438,30	Feb-04	Bonifacio	74,33	76,99
Sep-03	Desembocadura	211,00	217,04	Feb-04	Desembocadura	70,00	71,32
Oct-03	Pandora	89,33	90,64	Feb-04	Suruy	68,00	70,00
Oct-03	Bonifacio	158,33	158,02	Mar-04	Vesta	72,33	74,53
Oct-03	Desembocadura	149,00	144,73	Mar-04	Pandora	87,33	88,58
Oct-03	Hitoy Cerere	8,00	4,54	Mar-04	Bonifacio	96,33	96,42
Oct-03	Cariei	180,00	177,24	Mar-04	Desembocadura	81,33	82,55
Nov-03	Vesta	92,33	94,09	Mar-04	Suruy	71,67	73,91
Nov-03	Suruy	14,67	11,77	Mar-04	Hitoy Cerere	73,00	75,17
Nov-03	Bajo Cuen	84,00	84,53	Mar-04	Duruy	78,00	79,30
Nov-03	Cuen	24,67	25,45	Mar-04	Bitey	76,67	78,49
Dic-03	Pandora	88,00	89,64	Mar-04	Niñey	74,33	76,09
Dic-03	Bonifacio	111,00	109,67	May-04	Vesta	366,67	355,52
Dic-03	Desembocadura	285,00	286,98	May-04	Pandora	315,00	315,78
Dic-03	Vesta	395,00	486,22	May-04	Bonifacio	293,33	302,17
Dic-03	Pandora	395,00	497,04	May-04	Desembocadura	395,00	489,41
Dic-03	Bonifacio	395,00	496,72	May-04	Suruy	104,00	104,05
Dic-03	Desembocadura	395,00	495,75	May-04	Hitoy Cerere	24,67	23,44
Dic-03	Hitoy Cerere	24,00	22,76	May-04	Duruy	76,33	77,98
Dic-03	Suruy	318,33	323,18	May-04	Bitey	54,33	56,87
Dic-03	Bajo Cuen	47,00	47,05	May-04	Niñey	80,67	82,70
Dic-03	Cuen	12,00	9,47				

Cuadro 21
Valores promedio de conductividad por sitio de muestreo

LUGAR	CONDUC. (uS/cm)	FECHA	LUGAR	CONDUC. (uS/cm)	FECHA	LUGAR	CONDUC. (uS/cm)
Pandora	199	Dic-03	Pandora	213	Mar-04	Pandora	253
Bonifacio	212	Dic-03	Bonifacio	210	Mar-04	Bonifacio	253
Suruy	233	Dic-03	Desembocadura	200	Mar-04	Suruy	263
Bajo Cuen	187	Dic-03	Pandora	210	Mar-04	Desembocadura	270
Cuen	230	Dic-03	Bonifacio	210	Mar-04	Hitoy Cerere	127
Vesta	200	Dic-03	Desembocadura	220	Mar-04	Duruy	143
Suruy	265	Dic-03	Vesta	190	Mar-04	Bitey	157
Desembocadura	212	Dic-03	Hitoy Cerere	100	Mar-04	Niñey	160
Pandora	220	Dic-03	Suruy	210	May-04	Vesta	187
Bonifacio	217	Dic-03	Bajo Cuen	170	May-04	Pandora	217
Desembocadura	217	Dic-03	Cuen	250	May-04	Bonifacio	213
Hitoy Cerere	110	Feb-04	Pandora	260	May-04	Suruy	253
Cariei	180	Feb-04	Bonifacio	263	May-04	Hitoy Cerere	97
Vesta	210	Feb-04	Desembocadura	377	May-04	Duruy	93
Suruy	250	Feb-04	Vesta	200	May-04	Bitey	110
Bajo Cuen	160	Feb-04	Suruy	260	May-04	Niñey	87
Cuen	220	Mar-04	Vesta	219			

Cuadro 22
Valores de sólidos suspendidos por sitio de muestreo (mg/l)

Gira	Lugar	Valor mínimo	Valor máximo	Suma	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación
4	Cariei	107,62	107,62	107,62	107,62		1
1	Bajo Cuen	91,26	91,26	91,26	91,26		1
6	Bajo Cuen	46,38	46,38	46,38	46,38		1
9	Bajo Cuen	17,23	17,23	17,23	17,23		1
1	Cuen	11,31	11,31	11,31	11,31		1
6	Cuen	6,44	11,04	28,29	9,43	2,59	0,274
9	Cuen	5,90	6,05	11,95	5,97	0,11	0,018
1	Vesta	78,20	78,20	78,20	78,20		1
5	Vesta	36,31	55,73	145,90	48,63	10,71	0,220
8	Vesta	456,67	472,33	929,00	464,50	11,08	0,024
10	Vesta	37,47	52,53	139,04	46,35	7,88	0,170
11	Vesta	2,02	3,21	8,26	2,75	0,64	0,232
12	Vesta	142,95	263,24	648,48	216,16	64,26	0,297
1	Suruy	29,03	29,03	29,03	29,03		1,000
5	Suruy	4,03	6,55	14,84	4,95	1,39	0,281
8	Suruy	155,73	184,22	510,73	170,24	14,25	0,084
10	Suruy	2,67	3,18	8,84	2,95	0,26	0,088
11	Suruy	1,56	2,14	5,75	1,92	0,31	0,162
12	Suruy	52,21	63,86	179,25	59,75	6,54	0,110
4	Hitoy Cerere	1,35	1,97	4,92	1,64	0,31	0,190
8	Hitoy Cerere	0,48	1,03	2,13	0,71	0,28	0,400
11	Hitoy Cerere	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Hitoy Cerere	5,53	6,70	18,72	6,24	0,62	0,100
11	Duruy	1,93	2,53	6,41	2,14	0,34	0,160
12	Duruy	34,06	36,86	106,43	35,48	1,40	0,039
11	Bitey	0,00	0,93	0,93	0,31	0,53	1,732
12	Bitey	5,62	5,99	17,54	5,85	0,20	0,034
3	Pandora	42,04	44,89	131,38	43,79	1,53	0,035
7	Pandora	34,27	44,87	121,43	40,48	5,53	0,137
8	Pandora	564,00	658,00	1222,00	611,00	66,47	0,109

Cuadro 22
Valores de sólidos suspendidos por sitio de muestreo (mg/l) continuación

Gira	Lugar	Valor mínimo	Valor máximo	Suma	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación
10	Pandora	10,04	10,99	31,19	10,40	0,52	0,050
11	Pandora	14,25	22,18	57,16	19,05	4,22	0,222
12	Pandora	147,43	226,29	578,42	192,81	40,75	0,211
11	Niñey	0,68	2,75	5,33	1,78	1,04	0,584
12	Niñey	15,73	22,27	59,20	19,73	3,50	0,178
3	Bonifacio	58,61	66,33	187,30	62,43	3,86	0,062
7	Bonifacio	43,47	53,47	148,40	49,47	5,29	0,107
8	Bonifacio	368,00	614,83	1539,83	513,28	129,09	0,252
10	Bonifacio	6,51	22,40	35,56	11,85	9,14	0,771
11	Bonifacio	22,33	23,73	69,01	23,00	0,70	0,030
12	Bonifacio	171,92	251,43	622,20	207,40	40,44	0,195
2	Desembocadura	127,16	127,16	127,16	127,16		1,000
3	Desembocadura	55,94	109,27	242,08	80,69	26,87	0,333
7	Desembocadura	72,47	383,44	455,91	227,96	219,89	0,965
8	Desembocadura	516,33	638,33	1790,22	596,74	69,65	0,117
10	Desembocadura	3,22	4,98	12,55	4,18	0,89	0,214
11	Desembocadura	22,40	39,08	99,52	33,17	9,34	0,282
12	Desembocadura	577,89	577,89	577,89	577,89		1,000

Cuadro 23
Descarga de sedimento por sitio de muestro (g/s)

Sitio	Rio	Lugar	2003 ----->					2004 ----->					promedio desvest n	
			Fecha Gira	Oct-11 3	Oct-18 4	Nov-01 5	Nov-16 6	Dic-06 7	Dic-14 8	Dic-28 9	Feb-07 10	Mar-28 11		Mayo 16 12
1	Estrella	Cariaci		4710,61										
2	Estrella	Bajo Cuen					772,57			277,38				
3	Cuen	Bajo Cuen					26,65 7,49 3			42,01 0,06 2				
4	Estrella	Vesta			1030,91 236,50 3			37224,15 861,03 2		383,75 67,44 3	9,02 3,65 3	8880,04 2800,48 3		
5	Suruy	Casa amarilla			2,01 1,28 3			2953,96 266,93 3		1,99 0,26 3	0,07 0,13 3	438,22 52,38 3		
6	Hitov Cerere	Casa parque			11,99 3,86 3			8,88 2,48 3			0 0 3	77,80 12,39 3		
7	Duruv	Finca 21									0,77 0,67 3	365,86 3,57 3		
8	Bitev	Bocuares									0,00 0,00 3	16,23 0,83 3		
9	Estrella	Pandora			798,09 31,27 3			1100,56 156,64 3	52400,09 5670,24 2		86,10 5,37 3	216,23 45,47 3	15669,72 3298,01 3	
10	Niñev	San Rafael									0,70 0,76 3	187,33 37,43 3		
11	Estrella	Bonifacio			1441,64 83,75 3			1622,09 155,20 3	52466,21 13117,02 3		109,00 86,91 3	278,02 21,89 3	16015,38 3442,59 3	
12	Estrella	Descembocadu			89,87 30,83 3			941,87 913,14 2	6602,78 692,55 3		13,55 2,72 3	633,38 193,08 3		
Precipitación (mm)		Estacion Hitoy-Cerere			2,40	113,00	12,30	41,80	72,90	163,10	46,10	19,40	13,30	173,40

Anexo 6

Datos de precipitación del Instituto Meteorológico Nacional (periodo 2003-2004)

Cuadro 24
Datos de precipitación 2003-2004

Estación					Precipit. 1mm=1 litro/m ²				
Hiloy-Cerere					Elevación: 100				
Latitud 09 40					Longitud 83 02				
PERIODO 2003					PERIODO 2004				
Día/mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO
1	9,5	0,2	0,0	1,6	34,7	0,0	31,4	0,0	4,4
2	0,0	0,0	0,0	60,0	0,4	0,0	3,8	5,0	5,0
3	0,1	6,4	5,6	11,6	18,2	0,0	4,7	0,3	0,0
4	0,0	22,4	11,1	0,1	36,0	0,0	1,7	0,1	14,5
5	0,0	27,4	7,1	0,0	1,6	0,0	2,5	0,0	13,5
6	0,2	0,0	0,0	1,2	0,1	0,0	34,9	15,8	41,7
7	43,0	0,0	13,0	2,8	6,5	19,4	46,3	5,5	67,5
8	0,1	0,0	0,2	39,5	21,5	10,4	16,8	0,1	74,0
9	0,0	1,6	1,4	36,3	0,0	0,0	17,5	0,4	20,5
10	0,0	0,5	0,1	15,5	10,0	30,1	8,9	0,1	4,5
11	0,7	0,3	14,3	31,8	1,0	5,9	10,0	0,0	1,4
12	0,2	0,0	18,1	108,5	9,0	8,1	20,5	0,7	41,8
13	21,3	5,8	15,3	7,3	0,0	1,1	60,0	0,2	91,8
14	3,1	7,0	7,5	0,0	6,1	1,0	0,0	1,3	10,5
15	20,0	32,0	0,7	1,0	0,0	0,0	11,0	6,9	22,3
16	0,2	41,0	0,2	6,6	0,0	4,0	0,5	13,7	7,0
17	0,2	18,1	0,6	49,1	0,0	0,0	86,0	8,3	38,0
18	0,0	14,9	8,8	15,5	3,3	23,0	7,1	8,0	10,0
19	9,9	0,6	0,4	19,0	3,4	27,0	13,0	10,4	11,0
20	6,4	36,6	3,7	14,5	0,6	0,0	14,5	10,5	0,1
21	0,2	2,0	0,0	29,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
22	13,7	33,0	3,2	40,3	0,0	0,0	1,2	7,7	30,7
23	0,5	2,4	4,4	3,7	0,0	0,0	0,1	0,0	34,3
24	0,0	1,1	5,7	6,0	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0
25	36,0	23,0	15,7	40,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
26	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	17,9	7,0
27	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	2,4	0,0
28	0,0	0,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,0
29	0,0	1,7	31,5	0,0	0,0	28,3	0,0	18,3	0,0
30	1,5	10,1	0,2	29,5	0,0		9,0	2,2	0,0
31		0,0		12,2	0,0		11,0		2,2
TOTAL	167,2	289,0	172,4	583,2	179,6	158,4	425,7	136,4	555,7

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional

Anexo 7

Datos históricos de conductividad (periodo 1975-1985) y sedimento en suspensión
(periodo 1973-1992) de la estación Pandora del ICE

Cuadro 25
Conductividad en la estación Pandora del ICE ,periodo 1975-1986 (microhoms/cm)

Año/mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre
1975			113		100	225	200	155			200	
1976		190	210	225	150	175	50	200		150	100	140
1977						130	100	100		80		
1978		375										
1979										125		
1981							187	165				
1982	160	210	195	235	195	180	175	175	185	144		
1983	155	205	109			185	180					
1984					240	190			155		185	
1985		210			195	185			170		160	
1986	185		195		195		165			165		

Fuente ICE: 1993

Cuadro 26
Sedimento en suspensión en la estación Pandora del ICE (ton/mes)

año/mes	ene	feb	mar	bril	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1973							7506	4303	6149	20891	59253	89676
1974	44186	3409	1234	5598	5203	9115	19463	32156	3030	5107	12070	40858
1975	6433	7464	427	428	489	8590	9027	24816	12322	14907	38025	191236
1976	21606	2395	464	965	9834	7410	150404	108326	58700	4687	167362	186643
1977	30445	551	10254	3162					6643	36798	8372	938
1978	261	63294	869	455	965	2062	4140	4381	7070	11988	29210	53310
1979	809	332	148	34474	7831	10478	1768	32721	11755	8919	4440	4666
1980	10665	10687	356	878	1189	24137	5066	1646	3488	8096	11528	136791
1981	28957	7862	11801	15761	9227	11585	2422	5222	4209	6205	31225	17091
1982	1220	578	320	389	1735	5210	128871	11350	3955	7165	9110	5241
1983	2442	441	67130	801	6706	4467	2285	7774	3608	13738	13696	1725
1984	8186	3050	3924	301	4214	12150	12390	27307	10049	7563	3812	80797
1985	2879	9938	705	581	784	9375	2215	8200	6257	3611	8053	14035
1986	8911	704	40036	2308	2496	9453	8614	16019	32687	19591	10301	769
1987	36195	1032	262	32394	10437	8429	6584	16603	5737	36922	4585	110136
1988	187593	15327	9623	1986	2440	3040	2221	6510	23530	7654	1433	9324
1989	9544	2397	2963	2677	22116	2312	9906	5274	4640	6888	25522	15216
1990	38945	5764	97366	765	21894	12990	9341	33227	2296	7048	24625	51539
1991	950	1536	6106	14965	439212	300256	528669	830742	46424	63523	198477	315218
1992	7988	2270	50812	265393								

Fuente: ICE, periodo 1973-1992